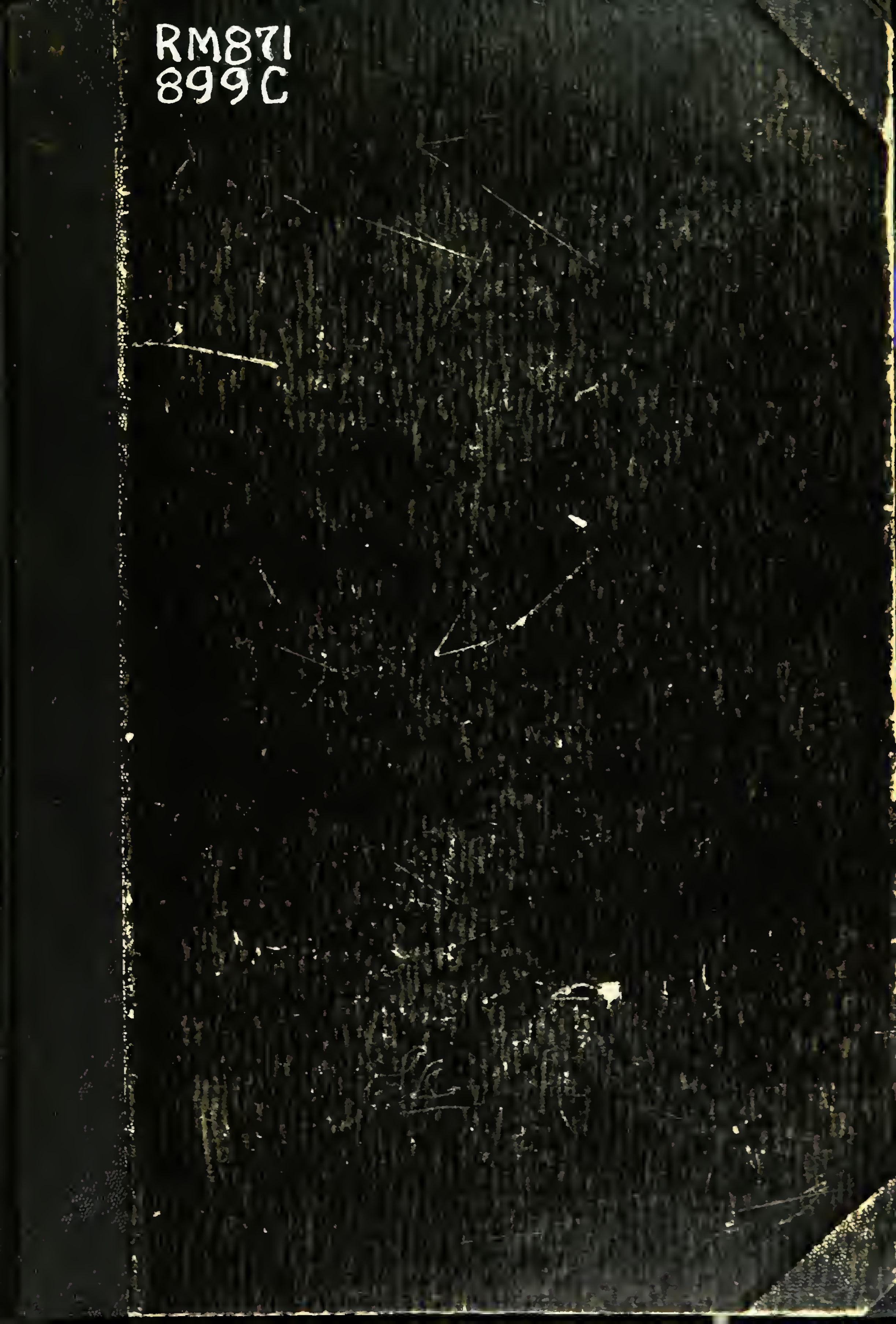
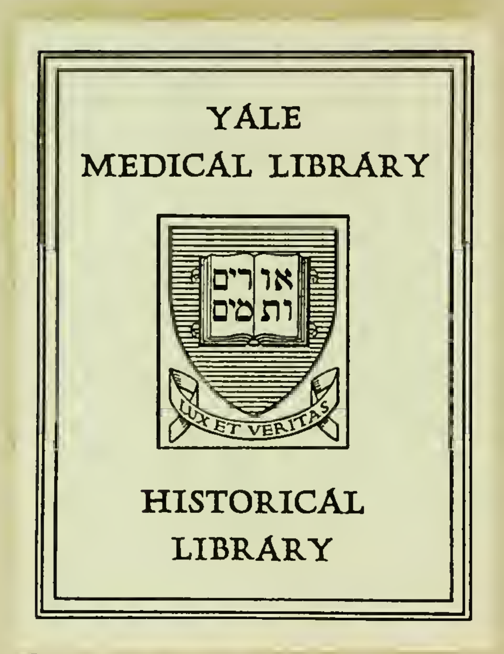

RM871
899C


YALE
MEDICAL LIBRARY
אורים ותמים
LUX ET VERITAS
HISTORICAL
LIBRARY



# Leitfaden

der

# Electrodiagnostik und Electrotherapie.

Für

Praktiker und Studierende

von

Dr. TOBY COHN,

NERVENARZT IN BERLIN.

Mit 6 Tafeln und 30 Abbildungen im Text.

Mit einem Vorwort

von

**Prof. Dr. E. Mendel**

in Berlin.




BERLIN 1899

VERLAG VON S. KARGER.

KARLSTRASSE 15.

Druck von Edmund Stein in Potsdam.

Meinem hochverehrten Chef

Herrn Professor Dr. Mendel

als

Zeichen der Dankbarkeit

gewidmet.

Dem vorliegenden Leitfaden einige empfehlende Worte voranzuschicken, macht mir besondre Freude.

Seit einer Reihe von Jahren hat Herr Kollege Cohn im Anschluss an meine Vorlesungen meinen Zuhörern praktischen Unterricht in der Electrodiagnostik und Electrotherapie ertheilt. Aus diesem Unterricht ist dies Buch entstanden.

Vielfach hatte ich Gelegenheit, mich sowohl von dem Interesse und der Theilnahme der Studirenden wie von dem guten Erfolge jener Kurse zu überzeugen.

Darum ist es mir auch nicht zweifelhaft, dass dieses Buch, weil es grade besonders die Interessen des Anfängers und des Praktikers im Auge hat und nur das Wichtige in leicht verständlicher Form bringt, einem wirklichen praktischen Bedürfnisse entspricht, und dass es trotz der zahlreichen und ausgezeichneten Werke in dieser Specialität sich seinen Platz erobern und sichern wird.

Dazu wünsche ich dem Herrn Verfasser von ganzem Herzen Glück.

**E. Mendel.**

# Vorwort.

Der vorhandenen Anzahl, Electrodiagnostik und -therapie behandelnder, teils umfangreicher, teils compendiöser Lehrbücher ein neues beizufügen, ist ein Unterfangen, das einer Rechtfertigung bedarf. Ich habe diesen kurzen Leitfaden geschrieben, nicht weil ich glaube, mit demselben inhaltlich Neues bringen zu können, sondern weil ich auch meinerseits den bisher noch nicht geglückten Versuch nicht unterlassen wollte, die grosse Menge der Studierenden und Praktiker, die immer noch dem hier behandelten Gebiet fast völlig fremd gegenüberstehen, dadurch dafür zu gewinnen, dass ich ihnen das Alte in einer Form bringe, die möglicherweise ihrem Geschmacke nahekommen könnte. In Studenten- und Ärzte-Cursen an der Prof. Mendel'schen Poliklinik hat sich mir im Laufe der Jahre nämlich die Thatsache als sicher erwiesen: Medicinstudierende und Ärzte haben im Allgemeinen eine Abneigung gegen alle mathematischen Auseinandersetzungen und gegen alle technischen Erörterungen, mit denen meistentheils die electrotherapeutischen Lehrbücher beginnen. Dies ist zu einem nicht geringen Teil der Grund, weshalb die Lernenden sich vom Nähertreten an den Gegenstand abschrecken lassen. Und wenn das schon für die kurzen Compendien unseres Faches gilt, — von denen übrigens einige gar zu kurz in wichtigen Dingen sind, oder therapeutisch einseitig einer extremen Richtung huldigen, — so wagt sich der Anfänger gewiss nicht an die grösseren, den gesammten Stoff bis in die Einzelheiten darbietenden Fachwerke heran, trotzdem grade das deutsche Schrifttum eine Reihe von Werken dieser Art enthält, die — wie die von Erb, E. Remak, Rosenthal u. Bernhardt, Lewandowski etc. — Zierden der neurologischen und der medicinischen Litteratur überhaupt darstellen und einen bleibenden Wert beanspruchen.

Ich beginne in diesem Leitfaden, wie sich mir das in meinen Cursen bewährt hat, sofort — nach einigen einleitenden Worten — mit der Beschreibung eines einzigen Apparates, eines stationären Apparats für galvanischen und faradischen Strom, und versuche, mit Hülfe einer Art Anschauungs-Unterricht, gewissermassen demonstrierend, das nun einmal unvermeidliche Physikalische und Technische in möglichster Kürze zu erledigen. Nach einer, ebenfalls nur das Nötigste

bringenden, physiologischen Einleitung gehe ich dann bald zur Untersuchungs-Methodik und zur Pathologie über. Nun ist dieses „Demonstrieren des Apparats“ natürlich an der Hand von Zeichnungen bei weitem nicht so bequem und so eindringlich wie im Cursus am Apparate selbst. Aber da ich der Ansicht bin, dass man das hier behandelte Fach aus einem Buche allein überhaupt nicht erlernen kann, so nehme ich an, dass dieser Leitfaden entweder im Anschluss an einen Cursus benutzt werden und zu diesem gleichsam die Ergänzung bilden soll, oder dass er einem Praktiker an der Hand eines vorhandenen Apparats zeigen wird, was mit diesem Apparat anzufangen ist: ist dieser Apparat auch kein stationärer oder von anderer Construction, so wird es doch mutatis mutandis — eventuell unter Zuhülfenahme des über die Apparate handelnden letzten Capitels — nicht schwer sein, sich zurechtzufinden.

Bei der Darstellung der physiologischen und pathologischen Verhältnisse im diagnostischen Theil ging ich von der Ansicht aus, dass man einen Anfänger nicht von vornherein durch eine Fülle von Möglichkeiten und Varianten verwirren und ihm so — gleichsam schon vor dem Essen — den Appetit durch eine Menge an sich interessanter Kleinigkeiten verderben soll: ich glaube vielmehr, dass ein Leitfaden für Anfänger die Aufgabe hat, zunächst Typen darzustellen, die sich leicht fassen und behalten lassen; dann aber freilich, wenn dieselben dem Lernenden eingeprägt sind, ihn eindringlich darauf hinzuweisen, dass es eben nur Typen sind, von denen es zahlreiche Abweichungen und Modificationen giebt, und ihn auf alle diese — oder doch wenigstens auf die für den Praktiker wichtigen — aufmerksam zu machen. Das ist der Plan, der in diesem Buche verfolgt wurde: wenn manches auch noch so schematisch erscheinen mag, so habe ich doch geglaubt, es zunächst grade so schematisch darstellen zu müssen, habe jedoch stets später — im Text oder in Anmerkungen — nicht unterlassen, das Gesagte einzuschräuken, zu corrigieren, oder sogar teilweise zu widerrufen

Der electrotherapeutische Teil tritt an Umfang hinter dem diagnostischen zurück: ich glaube die Erfahruug zu haben, dass jemand, der die Electrodiagnostik beherrscht, die electrotherapeutischen Massnahmen rasch und leicht versteht, während sie ohne diagnostische Vorkenntnisse nur sehr schwer oder garnicht zu erlernen sind. — Dass bei der Auffassung der therapeutischen Stromwirkungen Skepsis nöthig ist, braucht wohl nicht erst betont zu werden; ich kann mich aber nicht der Auffassung der „Suggestionisten“ anschliessen, dass die Heilwirkungen des Stroms ausschliesslich psychische sind. —

Ebenso wie ich es für fehlerhaft halte, die Electrotherapie zu unterschätzen, möchte ich davor warnen, die Electrodiagnostik

zu überschätzen: es ist im Text wiederholt darauf hingewicsen, aber es soll auch hier noch einmal hervorgehoben werden, dass die electrische Untersuchung nur einen geringen Bruchteil der sämtlichen Untersuchungsmethoden ausmacht; sie ist in manchen Fällen unentbehrlich, aber allein genügt sie niemals zur Diagnosenstellung.

Ein Anhang über die Franklinisation soll das für den Anfänger Wissenswerteste in aller Kürze bringen. — Zur Aufnahme der d'Arsonval'schen — in Deutschland übrigens noch garnicht eingeführten — „Ströme hoher Frequenz“ in den Plan dieses Leitfadens habe ich mich nicht entschliessen können: was darüber bekannt ist, ist noch zu wenig und entbehrt der kritischen Sichtung. Auch die Galvanokaustik, sowie die Verfahren zur electrischen Beleuchtung und Durchleuchtung habe ich ausgeschlossen.

Herrn W. A. Hirschmann, der mir die Clichés zu den Abbildungen der Instrumente zur Verfügung gestellt hat, und Herrn Arthur Levin, von dem die übrigen Zeichnungen angefertig sind, bin ich zu Dank verpflichtet.

Besonderer Dank gebührt der Verlagsbuchhandlung, dic sich in anerkennenswerter und entgegenkommender Weise bemüht hat, dem Leitfaden ein stattliches Aussere zu geben.

Berlin, Septembcr 1898.

Toby Cohn.

# Inhalt:



---

# Theil I. Electrodiagnostik.

## 1. Kapitel.

## Die Erklärung des Apparats (physikalische Einleitung).

### a. Der galvanische Apparat.

Das Element.

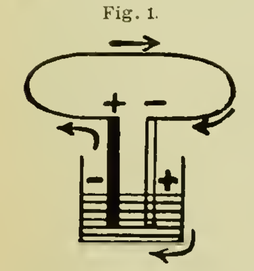
Wenn zwei Metalle, z. B. ein Stück Zink und ein Stück Kohle, in eine Flüssigkeit, etwa eine verdünnte Säurelösung, eintauchen, so sammelt sich in den Metallen eine bestimmte potentielle Energie (elektrische Energie) unter einer gewissen Spannung an. Eine solche Zusammenstellung einer Flüssigkeit mit zwei hineintauchenden Metallen nennt man ein galvanisches Element. Die Spannung ist in den beiden verschiedenen Metallen eine verschiedene, und man kann die meisten Metalle in eine Reihe geordnet denken (Spannungsreihe): je nach der Entfernung je zweier Metalle in dieser Reihe ist, wenn sie zum Element vereinigt werden, die Differenz ihrer beiden Spannungen bald grösser, bald kleiner: je näher zwei Metalle in der Spannungsreihe bei einander stehen, um so geringer ist die Differenz ihrer Spannungen; je weiter sie in der Reihe entfernt sind, um so grösser ist ihre Spannungsdifferenz.

Bei der Spannungsreihe:

Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle, Braunstein

würde also in einem Element aus Zink und Blei die Spannungsdifferenz äusserst gering sein, in einem Element aus Zink und Braunstein (ceteris paribus) am grössten.

Fig. 1.



Schema eines Elements: das hell gezeichnete Metall = Zink, das dunkelgezeichnete = Kohle. Die Pfeile zeigen die Stromrichtung an.

Wenn man die freien Enden (Pole) der beiden in die Flüssigkeit tauchenden Metalle durch einen, die Electricität leitenden Körper, z. B. einen Kupferdraht, mit einander verbindet, so beginnen jetzt die differenten Spannungen sich in dem nunmehr geschlossenen Kreis — Metall I, Flüssigkeit, Metall II, Kupferdraht — auszugleichen; und da durch den fortwährenden Contact der Metalle mit der Flüssigkeit ein fortdauerndes, immer neues Ansammeln elektrischer Energie in ihnen vorgeht, so wird auch das Ausgleichen der Spannungen nicht ein nur momentanes, sondern ein andauerndes sein: man nennt dieses Sich-Ausgleichen „Strömen der Electricität" (constanter Strom, galvanischer Strom).

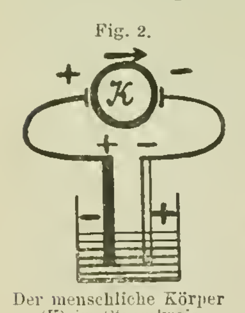
Der constante Strom.

Dieses Strömen wird mit um so grösserer Energie geschehen, je differenter (ceteris paribus) die Spannungen in den beiden Metallen des Elementes sind, also je weiter die Metalle in der Spannungsreihe entfernt sind. Die Fähigkeit eines Elementes, einen elektrischen Strom zu erzeugen, bezeichnet man als die elektromotorische Kraft des Elementes (E). Die elektromotorische Kraft des Elementes wird demnach (ceteris paribus) um so grösser sein, je weiter seine Metalle in der Spannungsreihe entfernt sind; es wird also ein Zink-Braunstein-Element resp. ein Zink-Kohle-Element (wiederum ceteris paribus) die grösste elektromotorische Kraft entfalten können.

Man unterscheidet in dem Ausgleichen der differenten Spannungen eine Hauptrichtung: diese geht in der Flüssigkeit von dem in der Spannungsreihe voranstehenden zu dem hintenanstehenden Metall; also bei einem Zink-Kohle-Element geht das Ausgleichen, der „Strom", in der Flüssigkeit vom Zink zur Kohle; im Kupferdraht — oder ebenso in jedem anderen, die freien Metallenden („Pole") verbindenden Körper, der dann als Schliessungsbogen bezeichnet wird — muss natürlich die Richtung eine umgekehrte sein, also vom freien Kohlepol zum freien Zinkpol.

Man bezeichnet jedes in der Spannungsreihe voranstehende Metall als positives, jedes hintenanstehende als negatives Metall*) und sagt also: Der Strom in einem galvanischen Element geht in der Flüssigkeit vom positiven zum negativen Metall. Es würde demnach in einem Zink-Kupfer-Element Zink positiv, Kupfer negativ sein, in einem — hypothetischen — Kupfer-Kohle-Element Kupfer positiv, Kohle negativ sein, und der Strom in der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer bezw. vom Kupfer zur Kohle gehen.

Fig. 2.



Der menschliche Körper (K) im Stromkreis.

Im Schliessungsbogen, — in dem der Strom, wie gesagt, in umgekehrter Richtung fliesst — bezeichnet man, aus nicht näher zu erörternden Gründen, das freie Ende des positiven Metalls (z. B. im Zink-Kohle-Element) den freien Zinkpol als negativen Pol oder Kathode, das freie Ende des negativen Metalls (den freien Kohlepol z. B.) als positiven Pol oder Anode.

Denkt man sich nun den Schliessungsbogen an einer Stelle unterbrochen und einen anderen Electricität leitenden Körper. z. B. einen Theil des menschlichen Körpers (K in Fig. 2), an der Unterbrechungsstelle eingeschaltet, so wird der Strom in derselben Richtung durch diesen Körper hindurchgehen, und man nennt wiederum die Eintrittsstelle des Stroms Anode (po-

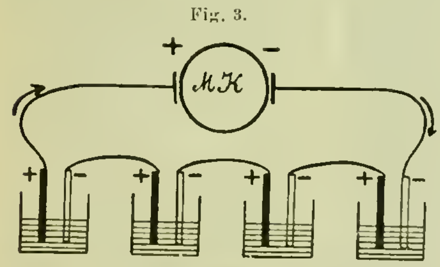
*) Dieses Verhältniss ist nur ein relatives.

sitiven, + Pol), die Austrittsstelle Kathode (negativen, — Pol). Die dem Körper dicht anliegenden Theile des unterbrochenen Schliessungsbogens, denen man je nach Bedarf verschiedene Formen giebt, heissen Elektroden.

Die Batterie.

Es ist für therapeutische und diagnostische Zwecke nothwendig, Ströme von verschiedener Kraft, stärkere und schwächere (oder wie man auch sagt, grössere und kleinere) Ströme durch den menschlichen Körper schicken zu können. Um diese Abstufungsmöglichkeit zu haben, reiht man mehrere gleichgebaute Elemente an einander in der Weise, dass man immer den negativen Pol des ersten Elements mit dem positiven des folgenden durch Kupferdraht verbindet*) und schliesslich die beiden freien Pole des ersten und letzten Elementes mit einander. Diese Zusammenstellung heisst eine galvanische Batterie, und es ist die elektromotorische Kraft der Batterie um so grösser, je grösser die Anzahl der sie zusammensetzenden Elemente ist. Der Strom in ihr (und auch in dem eventuell eingeschalteten menschlichen Körper) hat die alte Richtung, vom ersten Kohle- zum letzten Zinkpol. Man kann darum von einer Anode und einer Kathode der Batterie sprechen. — Wenn es nun angängig ist, Element für Element oder mehrere und alle gleichzeitig in den Stromkreis einzuschalten, so ist das Postulat der Abstufungsmöglichkeit erfüllt. — Eine solche Vorrichtung findet sich an jedem zu medicinischen Zwecken verwendeten Apparat.

Fig. 3.

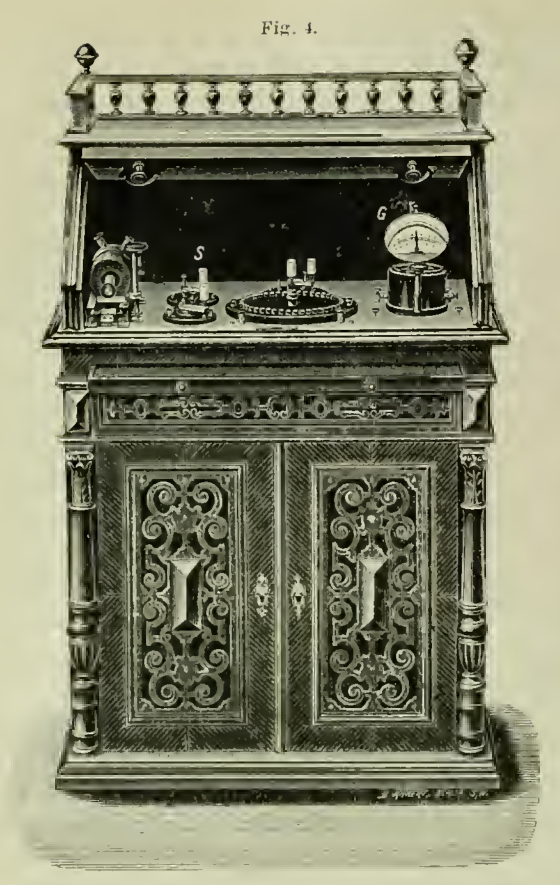


Galvanische Batterie. — MK = menschl. Körper.

Betrachten wir den hier (Fig. 4) abgebildeten stationären Apparat, so ist an ihm Folgendes zu bemerken: Im Kasten befindet sich eine grössere Anzahl (etwa 30 bis 50) Zink - Kohle - Elemente einer bestimmten (später näher zu besprechenden) Konstruktion. Dieselben sind in der oben erwähnten Weise untereinander verbunden, und vom Kohlepol des ersten Elements geht unterm Apparattisch eine metallische Verbindung zu einer mit + bezeichneten Schraube (Polklemme) des Tisches (Anode der Batterie), vom Zinkpol der letzten eine ebensolche zu einer mit — bezeichneten Polklemme (Kathode der Batterie). Von den beiden Klemmen setzt sich der Schliessungsbogen der Batterie in den beiden Leitungsschnüren (mit Seide besponnenen Kupferdrähten, die von isolirenden Kautschukschläuchen

*) „Ungleichnamige Verbindung" oder „Hintereinanderschaltung" der Elemente.

Fig. 4.




umhüllt sind) fort bis zu den — mit Handhaben versehenen — Elektroden.*)

Setzt man jetzt die Elektroden (aus später zu erwähnenden Gründen befeuchtet) auf den menschlichen Körper, so muss der Strom der Batterie den Körper in der Richtung von der Anode zur Kathode durchfliessen.

Nun befindet sich auf dem Tisch eine Vorrichtung, die es ermöglicht, bald den gesammten Batteriestrom, bald nur den von einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Elementen gelieferten durch den Körper zu schicken. Das ist der in der Fig. 5 mit E bezeichnete Elementenzähler. Wenn die Curbel dieses Zählers auf Null steht, so ist der Stromkreis offen, und es geht kein Strom durch den Schliessungsbogen. Wenn die Curbel auf die mit 10, 20, 30 etc. bezeichneten Contacte geschoben wird, so wird — bewirkt durch eine einfache Schaltvorrichtung unter dem Tische — der von resp. 10, 20, 30 etc. Elementen gelieferte Strom hindurchgehen und so eine allmähliche Stromverstärkung resp. -Abschwächung herbeigeführt werden können.

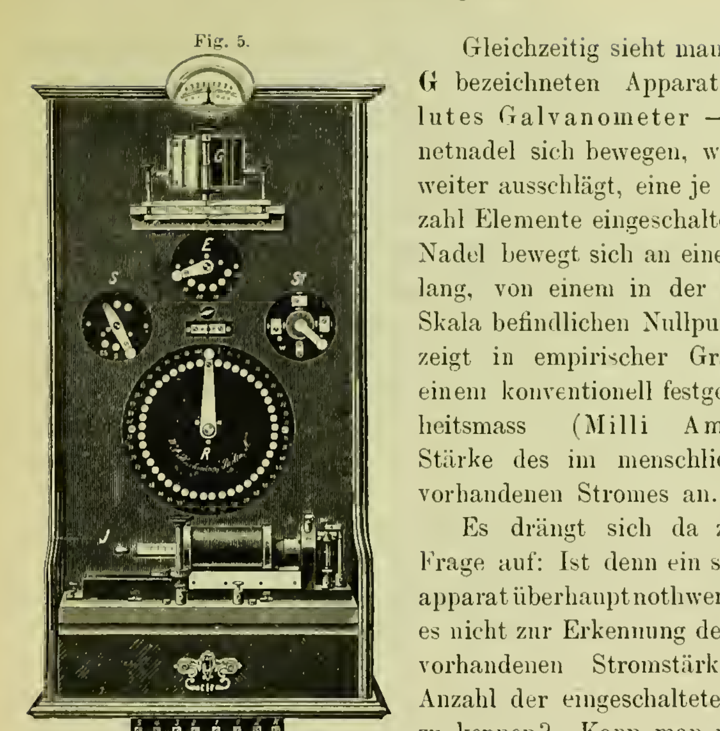
Anm. An manchen Apparaten kann man die Abstufung noch feiner, nämlich von Element zu Element vor- und zurückschreitend, vornehmen, was aber, wie bald zu erwähnen, für praktische Zwecke unnöthig ist.

Beim Durchgehen des sich allmählich verstärkenden Stromes durch den Körper empfindet man ein nach und nach bis zur Schmerzhaftigkeit sich steigerndes Brennen in der Haut.

---

*) Die Kautschukschläuche hat man, um auch fern vom Tisch unterscheiden zu können, in welcher Richtung der Strom fliesst, mit verschiedener Färbung — rot und schwarz — versehen. Schnüre und Elektroden fehlen in der Figur.

Fig. 5.




**Die Platte des Apparat-Tisches, von oben gesehen.**

Die Einrichtung ist dieselbe, wie an dem Apparate Fig 4, nur die Anordnung ein wenig anders

G = Galvanometer, R = Rheostat. E = Elementenzähler; zwischen Rheostat und Elementenzähler ein Klotzchen mit Stöpsel fur den Induktionsapparat; I = Induktionsapparat, St = Stromwender, S = Stromwechsler.

Das Galvanometer.

Gleichzeitig sieht man an dem mit G bezeichneten Apparat — absolutes Galvanometer — eine Magnetnadel sich bewegen, welche um so weiter ausschlägt, eine je grössere Anzahl Elemente eingeschaltet wird. Die Nadel bewegt sich an einer Skala entlang, von einem in der Mitte dieser Skala befindlichen Nullpunkt an, und zeigt in empirischer Graduirung in einem konventionell festgesetzten Einheitsmass (Milli Ampère) die Stärke des im menschlichen Körper vorhandenen Stromes an.

Es drängt sich da zunächst die Frage auf: Ist denn ein solcher Messapparat überhaupt nothwendig? Reicht es nicht zur Erkennung der im Körper vorhandenen Stromstärke aus, die Anzahl der eingeschalteten Elemente zu kennen? Kann man nicht sagen: im Körper fliesst der Strom von 10, 20, 30 Elementen?

Das wäre durchaus fehlerhaft: der Strom im Körper, an der zu behandelnden resp. zu untersuchenden Stelle, z. B. am erregbarsten Punkte eines Muskels oder Nerven, hat in der That nicht dieselbe Intensität wie in dem Moment, wo er im Elemente entsteht. Auf dem Wege vom Element bis zum Muskel büsst er an Stärke ein durch Widerstände, die sich ihm entgegenstellen und zwar 1) durch Widerstände im Element selbst (wesentlicher Widerstand). 2) durch den Widerstand des Schliessungsbogens einschliesslich des menschlichen Körpers (ausserwesentlicher Widerstand). Die Stromstärke im Körper (J = Intensität) wird also zwar ceteris paribus um so grösser sein, je grösser die Anzahl der eingeschalteten Elemente (die elektromotorische Kraft E) ist; sie wird aber ausserdem abhängen von der Grösse des Widerstandes (W) und wird um so kleiner sein, je grösser der Widerstand ist und umgekehrt: das ist das ausserordentlich wichtige 1. Ohm'sche Gesetz, das Alpha und Omega der Elektrodiagnostik:

$J = \frac{E}{W}$, die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividirt durch den Widerstand.

Wenn man demnach wissen will, wie gross der Strom im Körper ist, so genügt es nicht zu wissen, wie gross die Anzahl der eingeschalteten Elemente ist, sondern man müsste noch mit besonderen Methoden den Widerstand des Körpers feststellen, um den Bruch $\frac{E}{W}$ berechnen zu können. Oder aber — und das ist der bequeme Weg, den wir Dank dem absoluten Galvanometer einschlagen können, — wir vernachlässigen die rechte Seite der Gleichung völlig und beantworten uns die Frage nach der Grösse der Stromintensität J, indem wir dieses J direkt am Galvanometer in Milli-Ampères (MA) ablesen*). Es ist also falsch zu sagen: im Körper fliesst ein Strom in der Stärke von so und so vielen Elementen; man darf vielmehr nur sagen: die Stromstärke im Körper beträgt so und so viel **M A.**

Da nun, um eine bestimmte Stromstärke zu erhalten, nach dem Ohm'schen Gesetz eine um so grössere elektromotrorische Kraft erforderlich ist, je grösser der Widerstand wird, ist es natürlich von grosser Bedeutung, die allgemeinen Widerstandsverhältnisse kennen zu lernen.

Der Widerstand.

Während der Widerstand im Element unbedeutend und in den guten Apparaten ziemlich constant, der W im metallischen Schliessungsbogen zwar nicht unerheblich, jedoch — wie bald auszuführen sein wird — willkürlich regulierbar ist, ist der Widerstand, den der menschliche Körper dem Strom bietet, sehr beträchtlich und zahlreichen Veränderungen unterworfen. Und von den Geweben und Organen des Körpers ist es wieder eins, dessen Widerstand ganz besonders gross und für unsere Stromanwendung von Wichtigkeit ist: das ist die Haut. Der Widerstand der Haut gegen den Strom ist so gross, dass ihm gegenüber die Widerstände der übrigen Körpergewebe und die des Elements praktisch ausser Betracht bleiben können.

Der Hautwiderstand ist an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten wechselnd.**) Den grössten Widerstand für den gal-

---

*) 1 Milli-Ampère = $^1/_{1000}$ Ampère.

1 Ampère (konventionelles Einheitsmass für die Stromstärke J ist $= \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm.}}$

1 Volt (konvent. Einheitsmass für die elektromotorische Kraft) = $^9/_{10}$ eines frischgefüllten Daniell-Elements und ist gleich der Electricitätsmenge, die in einer Sekunde (bei 0° und 760 mm Druck) 0,1146 cm H elektrolytisch frei macht.

1 Ohm (konvent. Einheitsmass für den Widerstand) ist gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,06 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0°.

**) Es ist für die Berechnung der Stromstärke — das geht aus dem Obigen leicht hervor — ziemlich gleichgültig, ob die Pole (Elektroden) am Körper näher bei einander stehen oder weiter von einander entfernt sind. Nur die Beschaffen-

vanischen Strom bietet trockene Haut. Trockene Elektroden, auf trockene Haut gesetzt, bieten selbst stärksten Strömen einen fast absoluten Widerstand. Sie wirken höchstens auf die Oberfläche, die Haut können sie nicht durchdringen. Deshalb muss man die Elektroden (oder die Haut oder beides) befeuchten, wenn man den Strom in die Tiefe dringen lassen will. —

Hautstellen, die meistens unbedeckt getragen werden und di eine dickere Epidermis oder Haare haben, bieten grösseren Widerstand als andere. An Stellen, wo zahlreiche Schweissdrüsen-Ausführungsgänge, durch welche der Strom gewissermassen hineinschlüpfen kann, oder Haarbälge sind, ist der Widerstand geringer. Namentlich ist von Wichtigkeit, dass, während der Zeit, in der ein Strom durch den Körper fliesst, durch die Einwirkung des Stromes selbst der Widerstand der Haut herabgesetzt wird. Man sieht nämlich, wenn man z B. einen Theil seines Körpers (die Hand oder dgl.) in den Strom einschaltet, dass die Galvanometernadel, die zuerst z. B. 2 MA Stromstärke angezeigt hat, schon nach kurzer Dauer der Durchströmung einen grösseren Ausschlag gemacht hat und nunmehr 3 oder 4 MA zeigt. J ist grösser geworden (nicht weil etwa E grösser geworden wäre, sondern) weil W kleiner geworden ist. Dieses Sinken des Widerstandes geht natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze (constantes Widerstandsminimum). Je stärker die Ströme sind, um so rascher sinkt im Allgemeinen der Widerstand. Bei Greisen (und auch bei Kindern) ist der anfängliche Widerstand häufig sehr gross, und tritt nachher während der Durchströmung ein erhebliches Sinken ein (s. das Capitel „Leitungswiderstand").

Will man den Widerstand der Haut besonders stark herabsetzen, so kann man ausser starker Befeuchtung mit lauwarmem oder warmem Wasser einen Salzzusatz zum Wasser anwenden.*)

Wenn so die beiden Postulate, 1) den Strom allmählich verstärken und 2) die Stromstärke jedes Mal feststellen zu können, durch den Elementenzähler einerseits und das Galvanometer**) andererseits

---

heit der Haut an den beiden Stellen, wo die Elektroden aufsitzen, kommt in Betracht: die Haut bietet einen zwar in der Grösse wechselnden, aber immer relativ so bedeutenden Widerstand, dass gegenüber der Nothwendigkeit für den Strom, auf dem Wege von einer Elektrode zur andern zweimal die Haut zu durchdringen, die Widerstände der sämmtlichen übrigen auf dem Wege liegenden Körpergewebe relativ leicht überwindbar sind und praktisch nicht in Rechnung kommen.

*) Sehr stark widerstandherabsetzend wirken ferner alle sog. Stromschwankungen (s. weiter unten): Schliessungen, Öffnungen, Wendungen etc. —

**) Am Galvanometer befinden sich noch zwei kleine Nebenapparate, die beiläufig erwähnt sein mögen: eine kleine Hemmvorrichtung, durch welche die schwimmende Nadel an jeder beliebigen Stelle fixiert werden kann; (bei häufigen

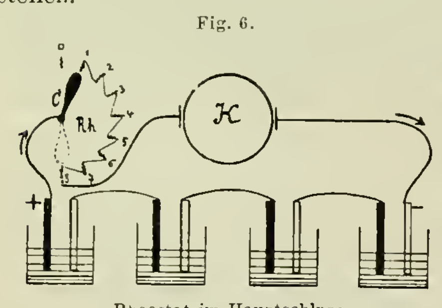
erfüllt sind, so bleibt doch noch zu wünschen übrig, dass die Möglichkeit gegeben ist, die Stromstärke noch allmählicher, noch feiner abzustufen, als dies durch Drehen der Zählerkurbel von 10 zu 10 Elementen (oder selbst von Element zu Element) erzielt werden kann. Wenn man z. B., wie dies zu diagnostischen Zwecken nothwendig ist, diejenige Stromstärke auffinden will, bei der ein Muskel die erste, eben wahrnehmbare Zuckung — Minimalzuckung — macht, und man schaltete zu diesem Zweck mittels des Elementenzählers Element nach Element in den Stromkreis, so würde man gelegentlich sehen, dass bei einem Strom, der von z. B. 17 Elementen geliefert wird, eine kräftige (nicht minimale) Zuckung erfolgt, bei einem von 16 Elementen gelieferten aber noch gar keine Zuckung vorhanden ist. Die Minimalzuckung liegt gleichsam dazwischen. Auch für therapeutische Zwecke, z. B. die Galvanisation am Kopfe oder die galvanische Behandlung der Neuralgien, sind die durch das Springen von Element zu Element verursachten „Stromschwankungen" (s. unten Näheres) absolut zu vermeiden, wie später auszuführen sein wird.

Der Rheostat

Diesen Übelständen abzuhelfen und eine äusserst feine und allmähliche Abstufung der Stromstärke zu erreichen, dient der auf dem Tisch (Fig. 5) mit R bezeichnete Rheostat. Das Prinzip desselben ist folgendes:

Wenn man im Schliessungsbogen eines Elementes sich Widerstände eingeschaltet denkt — z. B. Neusilberröllchen in grösserer Zahl —, so dass der Strom sie durchfliessen muss, ehe er den menschlichen Körper erreicht, so wird dadurch der Weg für den Strom um so mehr erschwert werden, je mehr Widerstände sich ihm entgegenstellen.

Fig. 6.




Rheostat im Hauptschluss.
Rh = Rheostat; C = Curbel; K = menschl. Körper.

Bei einer gewissen Menge eingeschalteter Widerstände wird überhaupt nichts vom Strom durch den Körper gehen können. Wenn die Möglichkeit gegeben ist, allmählich einen Widerstand nach dem andern einzuschalten, so wird allmählich immer weniger und weniger Strom den Körper erreichen können. Das zu ermöglichen, dient der in Fig. 6 schematisch dargestellte (in Fig 5.

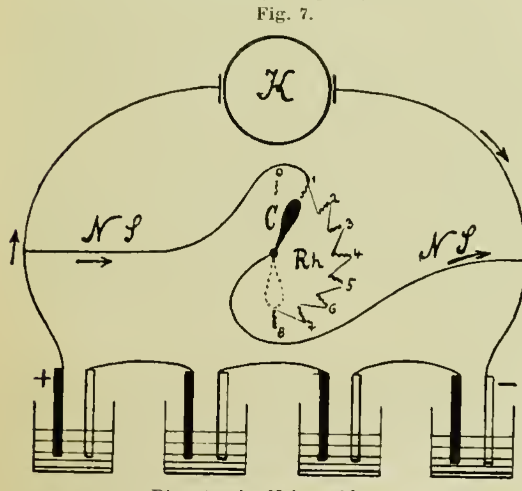
---

Stromschwankungen könnte die Nadel durch zu intensives Hin- und Herschlagen leicht aus ihrem Lager gehoben werden); ausserdem eine kleine Vorrichtung — Stöpselung oder Schraube, — durch die es ermöglicht wird, auch höhere Stromstärken, als die Skala anzeigt, leicht abzulesen. Näheres Eingehen auf diese technischen Details kann füglich unterbleiben.

bei R abgebildete) Rheostat im Hauptschluss: Unter dem Apparattisch befinden sich Neusilberröllchen, von denen jedes zu einem Contact-Knöpfchen auf der Tischplatte führt. Über diese Contacte, die im Kreise angeordnet sind, gleitet eine Kurbel. Wenn die Kurbel (C in der Fig. 6) auf dem ersten Contact rechts von 0, also in der Fig. 6 auf Contact 1 steht*), so sieht man, dass der Strom sämtliche Neusilberröllchen zu durchlaufen hat, ehe er zum Körper gelangen kann: diese Röllchen bieten dem Strom so starke Widerstände, dass bei diesem Kurbelstand kein Strom den Körper erreicht; man mag soviel Elemente (mittels des Elementenzählers) eingeschaltet haben, als man wolle: die Galvanometernadel bleibt unbeweglich. Dreht man aber jetzt die Kurbel nach rechts herum, so bleiben immer weniger und weniger Widerstände im Stromkreis eingeschaltet, es werden immer mehr und mehr Widerstände ausgeschaltet, so dass der Weg für den Strom immer freier und freier wird: es kann allmählich mehr und mehr Strom den Körper passiren; und wenn die Kurbel — wie die punktirte Linie in der Figur 6 — auf dem letzten Widerstande (8 in der Fig. 6) steht, so geht der gesammte Batteriestrom ungehindert durch den Körper. Dieses allmähliche Stärkerwerden des Stroms ersieht man daraus, dass sich die Galvanometernadel stetig und langsam vom Nullpunkt fortbewegt.

Anm. Nicht viel komplicirter ist das Prinzip des Rheostaten im Nebenschluss. (s. Fig. 7.)

Fig. 7.




Rheostat im Nebenschluss.
NS = Nebenschluss; Rh. = Rheostat; C = Curbel; K = menschl. Körper.

Wenn man nämlich im Schliessungsbogen eines Elements eine zweite Schliessung (Nebenschliessung) anbringt, — NS in Fig. 7 — und der menschliche Körper sich im ersten Schliessungsbogen (Hauptschliessung) befindet, so könnte jetzt der Strom zwei Wege gehen, durch den Hauptschluss mit dem menschlichen Körper oder durch den Nebenschluss. Nun wählt der Strom regelmässig den bequemeren Weg, und da der menschliche Körper — wie wir oben sahen — starken Widerstand für den Strom bietet, so wird in dem Moment, in dem am Element oder am Batterie-Schliessungs-Bogen ein metallischer Nebenschluss angebracht ist, der gesammte Strom des Elements

*) Bei Contact 0 befindet sich eine Unterbrechung.

oder der Batterie den bequemeren Weg durch den Nebenschluss gehen und so gut wie Nichts durch den Körper. Nun denke man sich aber, dass auch im Nebenschluss Widerstände sich befinden — z. B. wiederum Neusilberröllchen in grösserer Zahl — und zwar so viele, dass ihre Widerstände grösser sind als der Widerstand des Körpers, dann wird jetzt der Weg für den Strom im Hauptschluss relativ bequemer sein und der gesammte (oder doch annähernd der gesammte) Batteriestrom durch den Körper gehen. Und wenn man nun schliesslich die Möglichkeit hat, die Widerstände in den Nebenschluss allmählich, einen nach dem anderen einzuschalten, so wird dadurch allmählich der Weg für den Strom im Nebenschluss allmählich immer mehr erschwert, der Weg im Hauptschluss allmählich immer relativ bequemer werden, und es wird nach und nach ein immer geringerer Theil des Batteriestroms durch den Nebenschluss, ein immer grösserer durch den Körper gehen. Der Rheostat im Nebenschluss, der nach diesem Prinzip konstruirt ist, ist in Fig. 7. schematisch dargestellt; wenn die Kurbel C des — äusserlich durchaus dem anderen Rheostaten gleichenden — Apparates auf Contact 1. steht, so bedeutet das (wie aus der Figur leicht ersichtlich), dass im Nebenschluss sich so gut wie gar kein Widerstand befindet; jetzt geht also fast der Gesammtstrom der Batterie durch den Nebenschluss: gleichgültig wie viele Elemente mittels des Elementzählers in den Stromkreis eingeschaltet sind, den Körper trifft fast gar kein Strom; die Galvanometernadel zeigt auf 0. Erst wenn man die Kurbel langsam nach rechts dreht, werden nach und nach immer mehr Widerstände in den Nebenschluss eingeschaltet, der Weg für den Strom, wie oben ausgeführt, im Hauptschluss relativ immer bequemer, und es tritt eine ganz allmähliche Steigerung der Stromstärke im Körper ein: die Spitze der Galvanometernadel bewegt sich langsam vom Nullpunkt fort. *)

Wie benutzt man demnach den Rheostaten? Wenn man z. B. diejenige Stromstärke feststellen will, bei der eine Muskel-Minimalzuckung eintritt, so verfahre man in folgender Weise: Man setze die Elektroden befeuchtet über den Muskel auf (näheres über die Anordnung der Elektroden später), schalte eine beliebige Anzahl von Elementen ein (10, 20 etc.), während die Rheostaten-Kurbel auf 0 zeigt; dann bewege man langsam die Kurbel des Rheostaten an den Contacten entlang bis zu dem Moment, in dem man eine deutliche Zuckung des Muskels wahrnimmt; jetzt blicke man, während der Strom geschlossen bleibt, nach der Galvanometernadel und lese die Stromstärke an der Skala in Milli-Ampères ab.

Oder wenn man z. B. eine Kopfgalvanisation zu therapeutischen Zwecken, mit einer bestimmten, geringen Stromstärke — etwa 1 MA — vornehmen will, so setze man wiederum die befeuchteten Elektroden (in später näher zu besprechender Weise) am Kopfe des Patienten auf, schalte eine beliebige Anzahl von Elementen ein, und drehe nun

*) Die meisten modernen Apparate mit Leclanché-Elementen haben den Rheostaten im Hauptschluss. Auf ihn soll im Folgenden stets rekurrirt werden.

langsam, indem man die Galvanometernadel dauernd beobachtet, so lange die Rheostatenkurbel nach rechts, bis die Nadel 1 MA anzeigt.*)

Der Stromwender.

Noch ein Nebenapparat, der von Wichtigkeit für die Anwendung des galvanischen Stromes ist, muss kurz erwähnt werden: der in Fig. 5 (S. 5) mit St. bezeichnete Stromwender. Er dient dazu, die Stromrichtung im Schliessungsbogen leicht ändern zu können, ohne die Elektroden zu verrücken, was z. B. für Untersuchungszwecke fast unerlässlich ist. Wenn der Hebel dieses Wenders auf dem Kontact N — Normalstellung — steht, so zeigt das, dass der Strom in der ursprünglichen Richtung, nämlich von der + Polklemme zur — Polklemme geht; wird der Hebel aber auf W — Wendestellung — bewegt, so ist die + Poleklemme zur Kathode, die — Klemme zur Anode geworden, und die Stromrichtung geht von der letzteren zur ersteren, also in umgekehrter Richtung.**) Bei der Besprechung des Ganges der Untersuchung wird auf diesen Apparat zurückzukommen sein.

### b. Der faradische Apparat.

Der Induktionsstrom.

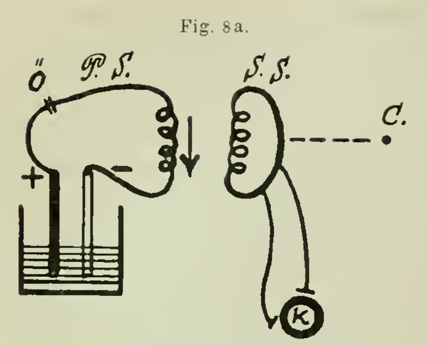
Wir gehen zur Besprechung des faradischen Apparats wieder von dem einfachen galvanischen Element aus. Dessen metallischem Schliessungsbogen können wir ja eine beliebige Form, also z. B. die einer Spirale geben. Wenn nun diesem spiralförmigen Schliessungsbogen ein anderer metallischer Electricitätsleiter, also z. B. eine zweite Spirale rasch genähert wird, so entsteht — das ist das Gesetz der sog. Induktion — auch in dieser 2. Spirale im Moment ihrer Näherung ein galvanischer Strom, und wenn die 2. Spirale von dem spiralförmigen Schliessungsbogen des galvanischen Elements rasch entfernt wird, so entsteht wiederum in der 2. Spirale ein galvanischer Strom. Man nennt den spiralförmigen Schliessungsbogen des Elements primäre Spirale (PS in Fig. 8a), den zweiten spiralförmigen metallischen Leiter sekundäre Spirale (SS in Fig. 8a). Der Strom,

---

*) Es ist in Folge dessen nicht von so grosser Bedeutung für die Regulierung der Stromstärke, wie viele Elemente eingeschaltet sind: die Regulirung geschieht am Rheostaten, nicht am Elementenzähler. Natürlich kann aber die Abstufung feiner sein, wenn man (z. B. zur Erzielung schwacher Ströme) eine geringe Anzahl Elemente eingeschaltet hat und so den ganzen Rheostaten zur Abstufung ausnutzen kann.

**) Die technische Ausführung dieses Wenderapparates ist eine sehr einfache und bedarf hier nicht der Besprechung. Zwischen N und W befindet sich ein Punkt, bei dessen Berührung mit dem Wenderhebel der Strom geöffnet ist. Durch Bewegung am Wender gelingt es also, nach Belieben den Strom nach der einen oder anderen Richtung zu schliessen oder zu öffnen.

Fig. 8a.




PS primäre Spirale, SP = sekundäre Spirale, Ö = Stelle der Unterbrechung. C = gedachter Rotationspunkt, K = menschl. Körper.

der auf diese Weise in der sekundären Spirale entsteht, ist bei der raschen Näherung dem primären galvanischen Strom gleichgerichtet, bei der raschen Entfernung ihm entgegengesetzt gerichtet. Man nennt ihn inducirten, faradischen oder sekundären Strom.

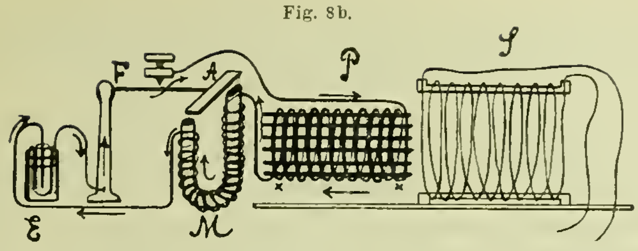
Die rasche Näherung der sekundären an die primäre Spirale und die rasche Entfernung von ihr kann dadurch erzielt werden, dass man die sekundäre Spirale um einen etwa bei C gedachten Punkt rotiren lässt; oder aber — und das ist bei allen medicinischen Induktionsapparaten der Fall — man lässt die sekundäre Rolle feststehen, lässt aber an irgend einer Stelle (Ö) im Schliessungsbogen der primären Spirale eine Unterbrechungsvorrichtung anbringen und macht hier fortwährende, rasch aufeinander folgende Schliessungen und Öffnungen des primären Stroms. Dann wird das etwa gleichkommen einer abwechselnd fortwährenden raschen Näherung der beiden Spiralen aus unendlicher Ferne und raschen Entfernung in unendliche Ferne. Je rascher dieses abwechselnde Stromschliessen und -Öffnen im Schliessungsbogen des galvanischen Elements vor sich gehen wird, um so intensiver wird ceteris paribus die Induktionswirkung auf die sekundäre Rolle sein, in der dann fortwährend abwechselnd zwei Ströme entstehen werden, deren einer immer dem primären entgegengesetzt, deren zweiter ihm immer gleichgerichtet ist.

Das rasche, in der Zeiteinheit sehr oft wiederholte Schliessen und Öffnen des primären Stroms wird an unseren Induktionsapparaten durch den Wagner-Neef'schen Hammer (Fig. 8b) hervorgerufen.

Über seine Verwerthung und die Konstruktion des Induktionsapparates überhaupt sei Folgendes bemerkt:

Von einem oder zwei unter dem Apparattisch befindlichen gewöhnlichen galvanischen Elementen (E in Fig. 8b) wird ein metallischer Schliessungsbogen (umsponnener Draht) auf die Tischplatte geleitet und dort spiralig um einen Holzcylinder (primäre Spirale P) gewickelt. In einer — durch Verschiebung mittels einer Zahnradvorrichtung und einer stehenden Schraube regulierbaren — Entfernung von dieser pimären Spirale befindet sich ein zweiter, mit Draht umwickelter Cylinder, der von grösserem Querschnitt als der erste und röhrenförmig ausgehöhlt ist, so dass er über die primäre Rolle hinübergeschoben werden kann. (sekundäre Spirale S).

Fig. 8b.




Schema des Induktionsapparates (nach Lewandowski). E = Element, F = Feder, A = Anker, M = magnetisches Eisenstück des Hammers, P = primäre Spirale, S = sekundäre Spirale.

Nun befindet sich ferner an der primären Rolle (also am Schliessungsbogen des Elements) ein Eisenstück (M), das vom Drahte des Schliessungsbogens mit umwickelt wird. Über diesem Eisenstück schwebt eine Metallplatte (Anker A), die durch eine an der primären Spirale stehende Feder (F) in dieser schwebenden Lage erhalten wird. — Wenn jetzt bei einer (in der Fig. 5 Seite 5) an dem Klötzchen zwischen Rheostat und Elementenzähler befindlichen) Öffnung auf der Tischplatte gestöpselt wird, so entsteht zunächst in dem bis dahin offenen Schliessungsbogen (also in der primären Rolle) ein galvanischer Strom. Durch dieses Entstehen des Stromes wird aber gleichzeitig jenes mitumwickelte Eisenstück (M) magnetisch und zieht kräftig die über ihm schwebende Metallplatte (Anker A) an. Dabei löst die Platte jedoch zu gleicher Zeit ihre Verbindung mit einer über ihr stehenden kleinen Schraube: durch die Lösung dieser Verbindung zwischen Schraube und Platte wird der Stromkreis unterbrochen; und ist das geschehen, so verliert das Eisenstück dadurch seine magnetische Kraft, und die Feder zieht durch ihre Federkraft die Metallplatte A an ihre Seite hernieder und vom früher magnetischen Eisenstück fort. Dadurch kommt die Platte aber wieder mit der Schraube in Berührung, der Stromkreis ist wieder geschlossen, das Eisenstück wird wieder magnetisch u. s. w. —

Dieses Spiel das Hammers, das ausserordentlich rasch, vielmals innerhalb einer Sekunde, vor sich geht und das bekannte „klappernde" Geräusch, des faradischen Apparats hervorruft, sobald man durch Stöpselung auf dem Klötzchen (s. Fig. 5, zwischen E und R) den Strom schliesst, bewirkt also vielmals in der Sekunde ein abwechselndes Entstehen zweier entgegengesetzt gerichteter Ströme in der sekundären Rolle (Wechselströme), die von dieser aus abgeleitet und dem menschlichen Körper zugeführt werden könnn.*)

An allen Apparaten ist, wie gesagt, die sekundäre Rolle, (die also eine Röhrenform hat), über die cylindrische primäre Rolle verschieblich, hinüberstülpbar**): je weiter sie von der primären entfernt steht, um so geringer ist die Induktionswirkung; letzere wird am gröss-

---

*) Jeden dieser rasch entstehenden und verschwindenden sekundären Ströme einzeln abzuleiten, ermöglicht ein kleiner von E. Remak angegebener „Apparat zur Erzielung von Induktions-Einzelschlägen".

**) Ein in die primäre Spirale eingesteckter „Eisenkern", der durch den primären Strom magnetisch wird, dient dazu, diesen primären Strom und darum auch dessen Induktionswirkung auf den sekundären zu verstärken: wenn er herausgezogen wird, ist sowohl der primäre als auch der faradische Strom schwächer; je weiter er hineingeschoben wird, um so stärker werden beide Ströme.

ten sein, wenn die sekundäre Rolle die primäre völlig umhüllt, wenn also der „Rollenabstand“ (**RA**) — an einer auf den Tisch angebrachten Skala ablesbar — gleich 0 ist.*)

Dadurch, dass die Ströme in der sekundären Spirale fortwährend und in der Zeiteinheit sehr oft ihre Richtung wechseln, wechseln natürlich auch die Pole fortwährend ihre Lage: was im ersten Bruchtheil einer Sekunde Anode ist, wird im nächsten schon wieder Kathode. Man kann demnach eigentlich von einer faradischen Anode und Kathode, wie man sie beim constanten Strom unterscheidet, nicht sprechen und braucht sie thatsächlich in der Praxis häufig ohne Unterschied.**)

---

*) Was wir an der Skala ablesen, ist — wie leicht ersichtlich — nicht die Stromstärke J des sekundären Stromes, da wir den Widerstand W ja nicht kennen, und ein absoluter Messapparat, an dem man J ablesen könnte — wie für den galvanischen Strom am absoluten Galvanometer — hier nicht existirt. — Der Körper- und besonders der Hautwiderstand spielt zwar nachgewiesenermassen für den faradischen Strom bei Weitem keine so grosse Rolle, wie für den galvanischen Strom. Aber selbst für die Berechnung der elektromotrischen Kraft E des Apparates allein wäre es von Nutzen, eine Vorrichtung zu haben, die es ermöglicht, die vorhandene Kraft in einer Einheitszahl. z. B. in Volts, direkt ablesen zu können, um die Resultate an verschiedenen Apparaten mit einander vergleichen zu können, was bei der Konstruktionsverschiedenheit der einzelnen Apparate ohne eine solche Vorrichtung nicht angängig ist. Nach diesem Prinzip sind die sog. Faradimeter konstruirt; sie haben sich aber nicht eingebürgert.

**) De facto besteht aber doch ein Unterschied auch zwischen den faradischen Polen und zwar aus folgendem Grunde:

Ebenso nämlich, wie die primäre Spirale auf die sekundäre eine Induktionswirkung ausübt, üben auch die einzelnen Windungen der primären Spiele auf einander selbst eine Art Induktionswirkung aus: es entsteht demnach in der primären Spirale selbst bei jeder der momentanen, durch den Wagner'schen Hammer herbeigeführten Schliessungen und Öffnungen jedesmal ein Strom, Extrakurrent genannt. Und wie bei dem Strom der sekundären Rolle, so ist auch bei diesem Extrastrom der primären Rolle die Stromrichtung bei jeder momentanen Schliessung dem primären Strom entgegengesetzt, bei jeder momentanen Öffnung dem primären Strom gleichgerichtet. Bei jeder momentanen Schliessung entstehen also in der primären Rolle immer zwei Ströme — 1) der primäre, 2) der Extrakurrent — gleichzeitig, die einander entgegengesetzt gerichtet sind; durch die entgegengesetzte Richtung schwächen sie sich aber gegenseitig, und darum ist auch bei der momentanen Schliessung die Induktionswirkung der primären Rolle auf die sekundäre und demgemäss auch der sekundäre Strom selbst verhältnissmässig schwach: Bei der momentanen Öffnung hingegen verschwindet zwar durch die Öffnung jedesmal der primäre Strom; es entsteht aber in dieser Phase ein kräftiger, durch Nichts in der Kraftentfaltung gehinderter Extrakurrent, der dieselbe Richtung hat, wie der verschwindende primäre und der durch dessen Verschwinden erzeugte sekundäre Strom: darum wird auch bei jeder momentanen Öffnung die Induktionswirkung auf die sekundäre Rolle, und der sekundäre faradische Strom selbst sehr kräftig sein. Wenn diese Kraftunterschiede zwischen dem Öffnungs- und Schliessungstrom gross genug sind — u. das ist gewöhnlich der Fall —, so können wir für praktische Zwecke den schwachen Schliessungsstrom gänzlich ignoriren und

Der Stromwechsler.

An allen stationären und an einzelnen transportablen Apparaten befindet sich noch eine Vorrichtung, zu deren Erklärung wenige Worte hinreichen: es ist der Stromwechsler (S in Fig. 5).

Es ist für Untersuchungszwecke sehr wünschenswerth, dass man von demselben Polklemmenpaar, von dem man den galvanischen Strom durch die Leitungsschnüre und die Elektroden in den Körper führt, auch den faradischen Strom (auf demselben Wege) in den Körper führen kann.

Das kann man mit Hilfe des Stromwechslers thun, wenn man seine Kurbel, die gewöhnlich auf dem Kontakt C (constanter Strom) stehen soll, auf S (sekundärer Strom) verschiebt. Wenn man jetzt durch Stöpselung auf dem Klötzchen zwischen E und R (Fig. 5) den Stromkreis des primären faradischen Stromes schliesst, so kann man von denselben Polklemmen, die vorher den constanten Strom leiteten, jetzt den inducirten Strom ableiten, vorausgesetzt freilich, dass der Rheostat nicht auf 0 steht: denn sonst trifft den Körper kein Strom. Man kann also, wenn man die Stärke des faradischen Stroms bei dieser Stellung des Stromwenders abstufen will, in zweifacher Weise verfahren: entweder man stellt einen beliebig grossen RA her und dreht dann, wie beim galvanischen Strom, die Rheostatenkurbel allmählich nach rechts, wobei immer mehr und mehr Strom durch den Körper gehen wird; oder aber — und das ist das bequemste — man schaltet den Rheostaten durch völliges Umdrehen seiner Kurbel nach rechts gänzlich aus, so dass jetzt sogleich der gesammte Strom des faradischen Apparats den Körper treffen kann und regulirt die Stärke dieses Stromes durch Verschiebung der sekundären Rolle über die primäre: die jedesmal benutzte Stärke des faradischen Stromes liest man dann an der graduirten Skala, wie erwähnt, in Centimetern oder Millimetern RA ab. Man muss also, wenn man mittels des Stromwechslers von dem Polklemmenpaar des galvanischen Apparates den faradischen Strom

uns den inducirten Strom gewissermassen aus einer Serie von Öffnungsströmen zusammengesetzt denken. Und diese Öffnungsströme haben, wie wir eben gesehen, alle eine Richtung — nämlich dieselbe wie der primäre Strom —; und darum können wir, wenn wir diese Annahme einer einzigen Stromrichtung festhalten, dann gleichsam auch wieder eine Anode und Kathode des faradischen Stromes unterscheiden: wir meinen damit die Anode und Kathode, wie sie liegen würden, wenn der faradische Strom thatsächlich nichts als eine Serie lückenloser Öffnungsströme wäre. Wir werden später sehen, dass diese Unterschiede zwischen den faradischen Polen praktisch sich gelegentlich erheblich bemerkbar machen.

An den meisten Apparaten kann man übrigens auch den Extrakurrent — oder „primären Induktionsstrom“, wie er auch heisst — direkt ableiten; da er gewissermassen immer einen Theil seiner Kraft an die sekundäre Rolle abgeben muss, so wird er am stärksten sein, je mehr Kraft er sparen kann, d. h. je weiter die sekundäre Rolle von ihm entfernt wird, und am schwächsten, wenn sie ihm bis zum Extrem genähert, also der Rollenabstand gleich 0 ist.

ableiten will, folgende Handgriffe vornehmen: 1) „Drehen der Wechslerkurbel von C auf S, 2) Ausschalten des (Hauptschluss-) Rheostaten (durch Drehen der Kurbel bis zum letzten Contakt), 3) Stöpseln auf dem Klötzchen und Reguliren der Stromstärke durch Rollenverschiebung.

Der Contakt CS des Wechslers ermöglicht gleichzeitige Ableitung des faradischen und galvanischen (combinirten) Stromes von demselben Polklemmenpaar. Näheres darüber bei der Besprechung der Therapie.

---

Die Dichtigkeit.

Wir müssen noch einmal auf das Ohm'sche Gesetz zurückkommen: $J = \frac{E}{W}$. Die Stromstärke des galvanischen Stromes im Körper müssen wir jedesmal feststellen können, und das thun wir, indem wir sie direkt an dem Galvanometer ablesen. — Aber es kommt für uns thatsächlich nicht nur darauf an, die Stärke des Stromes zu kennen, die überhaupt im Körper vorhanden ist, sondern wir müssen, wenn wir exakte, vergleichbare Resultate haben wollen, wissen: wie gross ist die Stromstärke an einer bestimmten Stelle des Körpers, z. B. am erregbarsten Punkte eines Muskels? Denken wir uns beispielsweise einen Strom von einer bestimmten Stärke, 3 MA, durch den Körper in der Weise gehend, dass er zwei plattenförmige Elektroden von 100 qcm Querschnitt passirt: die eine dieser Elektroden möge auf dem Sternum sitzen, und die andere z. B. auf dem Daumenballen einer Hand, deren Muskeln wir untersuchen wollen. Der galvanische Strom hat nun bekanntlich die Neigung, in guten Elektricitätsleitern sich auszubreiten: wir können ihn uns aus parallellaufenden Stromfäden zusammengesetzt denken. Diese Fäden liegen im metallischen Schliessungsbogen des Elements oder der Batterie sehr dicht gepresst neben einander. In der breiten Elektrode, in der sie gleichsam Platz bekommen, breiten sie sich nach allen Richtungen hin aus. Da nun die Elektrodenfläche von 100 qcm viel grösser ist als die Fläche des Daumenballens, so wird von jenen — hypothetischen — Stromfäden nur ein (mehr oder weniger grosser) Bruchtheil den erregbarsten Punkt des beteffenden Daumenballenmuskels erreichen. Anders, wenn ich zwar die grosse Platte auf dem Sternum sitzen lasse, aber eine ganz kleinflächige Elektrode, also z. B. eine von 3 qcm Querschnitt, auf den Daumenballen setze: Dann treffen die Stromfäden sämmtlich oder doch fast sämmtlich den erregbarsten Muskelpunkt. Der Effekt, den ein solcher, gleichsam concentrirter Strom im letztgedachten Falle auf den Muskel ausübt, wird natürlich ungleich grösser sein, als der Effekt bei Anwendung der grossen Platte im ersten Beispiel, trotzdem beide Male die Strom-

stärke dieselbe war, 3 MA. Die Reizwirkung, (wie wir sagen) eines Stromes auch eine bestimmte Köiperstelle, z. B. auf einen Nerven oder Muskel, hängt also nicht von der Stromstärke an sich ab, die im Körper vorhanden ist, sondern von der Concentration, von der Dichtigkeit, mit der der Strom jene Stelle trifft. Und diese Dichtigkeit D wird zwar um so grösser sein, je grösser ceteris paribus die Stromstärke J ist; sie wird aber, wie wir eben sahen, noch von einem zweiten Faktor abhängen, nämlich von der Grösse des Querschnitts des Schliessungsbogens bezw. des Elektroden-Querschnitts Q: sie wird um so kleiner sein, je grösser dieser Querschnitt ist und umgekehrt.

$D = \frac{J}{Q}$, die Dichtigkeit ist gleich der Stromintensität dividirt durch den Querschnitt.

Da die Dichtigkeit für uns der Ausdruck der Reizwirkung des Stromes ist, so müssen wir sie in jedem Falle kennen und berechnen. Diese Berechnung ist sehr einfach, da wir J direkt am Galvanometer, und Q, ausgedrückt in qcm, am Halse jeder Elektrode ohne Weiteres ablesen können.

---

## 2. Kapitel.

## Das Zuckungsgesetz und physiologische Vorbemerkungen.

Die physiologischen Thatsachen, die zunächst zu besprechen sind, beziehen sich auf den galvanischen Strom allein:

Wenn ein galvanischer Strom mit einer gewissen Dichtigkeit (s. oben) auf einen Muskel trifft, so wirkt er als Reiz auf diesen Muskel: der Muskel contrahirt sich — direkte Muskelreizung. —

Wenn ein galvanischer Strom mit einer gewissen Dichtigkeit auf einen motorischen Nerven trifft, so wirkt er auch dort als Reiz: die von diesem Nerven versorgten Muskeln contrahiren sich — indirekte Muskelreizung. —

Diese Contraktion des Muskels oder der Muskeln erfolgt im Allgemeinen*) nicht während der ganzen Dauer der Durchströmung des Muskels oder Nerven; sie tritt vielmehr nur ein,

1) wenn der Strom eingeleitet wird (Stromschliessung),
2) wenn der Strom wieder ausgeleitet wird (Stromöffnung),
3) wenn der Strom rasch verstärkt und
4) wenn er rasch abgeschwächt wird; schliesslich
5) wenn rasch die Stromrichtung geändert wird (Stromwendung).

*) Ausnahme s. weiter unten.

Mit einem Worte: Die Reizung des Muskels oder Nerven erfolgt nur bei Stromschwankungen, und das hat Du Bois-Reymond in dem nach ihm genannten Gesetz ausgesprochen:

Das Dubois-sche Gesetz.

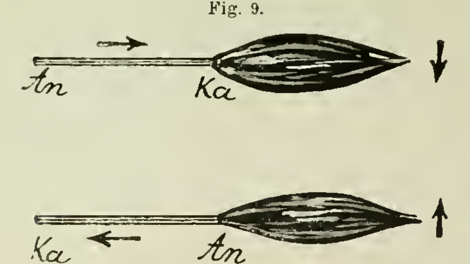
Nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit in einem gegebenen Moment wirkt erregend auf Muskel und motorischen Nerv, sondern nur die Schwankungen der Dichtigkeit. Je grösser und je rascher sie sind, um so grösser ist ihre Reizwirkung; am grössten ist sie im Allgemeinenen bei Schliessung und Öffnung des Stromes.

Thierexperimente haben dann weiterhin gezeigt, dass die verschiedenen Stromschwankungen nicht in gleicher Weise wirken, dass also z. B. die Schliessung des Stromes nicht den gleichen Effekt hat, wie die Öffnung; sie haben zweitens gezeigt, dass schwachen Strömen nicht dieselbe Wirkung zukommt wie starken; und drittens, dass es von Wichtigkeit und für die Reizwirkung von grosser Differenz ist, in welcher Richtung der Strom den motorischen Nerven durchfliesst und den Muskel trifft. Pflüger hat Untersuchungen an Thieren darüber angestellt und diese Untersuchungen in dem nach ihm genannten Zuckungsgesetz zusammengestellt.

Das Pflügersche Zuckungs-gesetz.

Trotzdem dieses Gesetz nur für das Thierexperiment absolute Gültigkeit hat und auf die Verhältnisse beim Menschen nicht direkt übertragen werden kann, so soll es doch hier erörtert werden, erstens, weil die menschlichen Zuckungsverhältnisse dadurch leichter verständlich werden, und zweitens, weil auf die von Pflüger und den späteren physiologischen Forschern gefundenen Resultate bei der Elektrotherapie zurückgegriffen werden muss.

Fig. 9.




Pflüger untersuchte am freigelegten N. Ischiadicus und dem zugehörigen M. Gastrocnemius, indem er die beiden Elektroden einer galvanischen Batterie an die beiden Enden des Nerven setzte und zwar in zwei verschiedenen Anordnungen: 1) Die Anode (An) wird ans centrale Nervenende gesetzt, die Kathode (Ka) ans peripherische: der Strom fliesst also — von An zu Ka — in der Richtung des Innervationsstromes: absteigender Strom (↓) 2) Die Anordnung umgekehrt: An am peripherischen, Ka am centralen Nervenende: Der Strom fliesst also — von An zu Ka — entgegengesetzt dem Innervationsstrome: aufsteigender Strom (↑). — Bei jeder dieser beiden Stromrichtungen prüfte er: wie wirken Schliessungen (S) und wie wirken Öffnungen (Ö) des Stromes? — Und da er weiter fand, dass je nach der Stromstärke die Wirkung des Stromes verschieden ist, prüfte er alle die erwähnten Momente bei 3 Graden von Stromstärken: Stromstärke I (schwache), Stromstärke II (mittelstarke) und Stromstärke III (starke Ströme). — Er legte also bei seinen Untersuchungen auf folgende

3 Faktoren Wert: 1) auf die Stromrichtung, 2) auf die Art der Stromschwankung (Schliessung oder Öffnung), 3) auf die Stromstärke.

In Formeln und Worten ausgedrückt, wobei immer + = „Zuckung“, 0 = „keine Zuckung“ bedeutet, lautet nun das von Pflüger auf Grund seiner Experimente gefundene Gesetz:

| | | ↓ | ↑ | |
|---|---|---|---|---|
| I. | S. | + | + | bei schwachen Strömen tritt sowohl bei ab- als aufsteigender Stromrichtung nur bei Schliessung eine Zuckung ein. |
| | Ö. | 0 | 0 | |
| II. | S. | + | + | bei mittelstarken Strömen tritt sowohl bei ab- als aufsteigender Stromrichtung bei Schliessung und bei Öffnung eine Zuckung ein. |
| | Ö. | + | + | |
| III. | S. | + | 0 | bei starken Strömen tritt bei absteigender Stromrichtung nur bei Schliessung, bei aufsteigender nur bei Öffnung eine Zuckung ein. |
| | Ö. | 0 | + | |

Die Erklärung für diese Befunde ergab sich nach späteren Untersuchungen in folgender Weise:

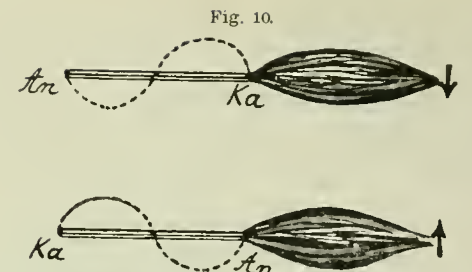
Der Electrotonus.

1) Während ein galvanischer Strom einen Nerven trifft, tritt eine innere Zustandsveränderung des Nerven ein: es ändert sich nämlich seine Erregbarkeit in der Weise, dass sich in der Nähe der Ka ein Zustand erhöhter, in der Nähe der An ein Zustand herabgesetzter Erregbarkeit einstellt. Man nennt diese Veränderung der Erregbarkeit Electrotonus, und die erhöhte Erregbarkeit an der Ka Katelectrotonus, die herabgesetzte an der An Anelectrotonus. — Je stärker der einwirkende Strom ist, um so stärker werden diese Erregbarkeitsdifferenzen. Sie dauern die ganze Zeit an, während welcher der Nerv vom Strom durchflossen wird.

2) Der Katelectrotonus, der sofort bei Schliessung (desgleichen bei jeder raschen Verstärkung) des Stromes eintritt, wirkt an der Stelle, wo er entsteht, also an der Ka, als Contraktionsreiz auf den Nerven resp. auf den zugehörigen Muskel. Daher tritt bei jeder Stromschliessung bei ab- und aufsteigenden Strömen aller Stromstärken (die Ausnahme für aufsteigende Ströme der Stärke III wird bald erklärt werden) eine Zuckung ein.

3) Bei jeder Stromöffnung findet eine plötzliche Umkehr der electrotonischen (Erregbarkeits)-Verhältnisse — negative Modifikation — im Nerven statt, d. h. es verschwindet bei jeder Öffnung an der An der Anelectrotonus, und es bildet sich dort ganz vorübergehend ein Zustand erhöhter Erregbarkeit, an der Ka dagegen ein vorübergehender Zustand herabgesetzter Erregbarkeit. — Dieses Verschwinden des Anelectrotonus und die negative Modifikation wirken ebenfalls als Contraktionsreiz, aber lange nicht so stark wie das Entstehen des Katelectrotonus: Bei schwachen Strömen (Stärke I) reicht die Stärke dieses Phänomens noch nicht hin, um eine Zuckung herbeizuführen; man sieht deshalb bei Stromöffnung der Stärke I keine Zuckung erfolgen; anders bei Stärke II, wo bei jeder Öffnung sowohl bei ab- als bei aufsteigenden Strömen auch der Reiz des verschwindenden Anelectrotonus eine Zuckung herbeiführt.

Fig. 10.




4) Bei Strömen der Stärke III (starken Strömen) sind die Verhältnisse nur quantitativ von den übrigen verschieden. Es sind dort nämlich die elektrotonischen Erregbarkeitsdifferenzen so grosse, dass, während an der Ka eine ausserordentlich grosse Erregbarkeit vorhanden ist, die Erregbarkeit an der An so gut wie erlosehen ist: die Stelle an der An wird bei diesen starken Strömen fast gänzlich unerregbar und leitungsunfähig.

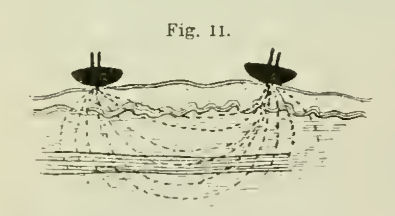
Wenn man die Fig. 9 in der Weise modificirt denkt, dass durch Kurven die elektrotonischen Veränderungen bezeichnet werden und zwar (s. Fig 10) die erhöhte Erregbarkeit an der Ka durch eine Kurve über der Linie, die herabgesetzte an der An durch eine Kurve unter der Linie angedeutet wird, so kann man jetzt die Erklärung für den III. Theil des Pflüger'schen Gesetzes ohne Weiteres aus der Fig. ablesen:

Beim absteigenden Strom tritt bei Schliessung Reizwirkung an der Ka auf: kräftige Zuckung; bei Öffnung Reizwirkung an der An; der Reiz muss aber, ehe er zum Muskel gelangt, eine Stelle an der Ka passiren, welche durch die sehr starke negative Modifikation unerregbar geworden ist: sie kann den Reiz nicht leiten, und es kann daher keine Zuckung eintreten. — Umgekehrt ist die Sache, wie leicht aus der Fig hervorgeht, beim aufsteigenden Strom. Daher findet dort bei Schliessung keine Zuckung statt, dagegen eine kräftige Zuckung bei Öffnung. —

Das Pflüger'sche Gesetz kann, wie oben gesagt, auf den Menschen nicht ohne Weiteres angewendet werden, und zwar aus mehreren Gründen, von denen einer (nach Erb) hier angeführt werden mag:

Strom-schleifen.

Fig. 11.



Schematischer Schnitt durch die Haut: ein darunterliegender Nerv wird von Stromschleifen getroffen, die zwischen den beiden aufsitzenden Elektroden verlaufen.

Da beim Menschen die Pole nicht, wie am blossgelegten Thiernerven, auf den Nerven selbst aufgesetzt werden können, so geht der Strom vom Pol zum Pol nicht durch den Nerven hindurch, sondern zunächst durch die Haut, und der menschliche Nerv wird nur von „Stromschleifen" (s. Fig. 11) getroffen, die dadurch entstehen, dass im gutleitenden Gewebe des stratum subcutaneum, evtl. der zwischenliegenden Muskelschicht etc., der Strom sich auszubreiten sucht; es treffen daher den Nerven an manchen Stellen Ströme verschiedener Richtungen, so dass man von auf- und absteigenden Strömen, wie sie im Pflüger'schen Gesetze eine Rolle spielen, nicht mehr reden kann.

Das menschliche Zuckungsgesetz.

Während aus diesem und einer Reihe anderer — füglich unerwähnt zu lassender — Gründe eine direkte Anwendung des Thiergesetzes auf den Menschen nicht angängig ist, so ist doch auch beim menschlichen Nerven und Muskel in ihrer Reaktion auf den galvanischen Strom eine gewisse Gesetzmässigkeit vorhanden, und zwar ist wiederum bei Schliessung die Wirkung eine andere wie bei Öffnung und wiederum bei verschiedenen Stromstärken die Wirkung verschieden.

Zu diesen beiden Faktoren — nämlich 1) Art der Stromschwankung (Schliessung oder Öffnung), 2) Stromstärke — kommt aber, während die Stromrichtung, wie gesagt, für den Menschen nicht in Frage kommt, als dritter Faktor einer hinzu, der sich aus dem Pflüger'schen Gesetz als bedeutsam ergeben hat, nämlich 3) die verschiedene Wirkung der Pole.

Um zu sehen, wie ein bestimmter Pol, An oder Ka, auf einen Muskel wirkt, ist es nothwendig, eine ganz bestimmte, eigenartige Anordnung der Untersuchung zu treffen, da doch von vornherein einleuchtet, dass, wenn man einen galvanischen Strom durch den Körper leitet, nicht einer, sondern beide Pole gleichzeitig Reizwirkungen auf den Körper und also auch auf dessen Muskeln entfalten müssen. Diese besondere Anordnung besteht darin, dass man die beiden Elektroden von sehr verschiedenem Querschnitt wählt, z. B. die eine von 100 qcm, die andere von 3 qcm. Dann wird die Dichtigkeit an der kleinen Elektrode und damit auch die Reizwirkung an der kleinen Elektrode sehr gross sein, die Dichtigkeit und Reizwirkung an der grossen Platte so sehr klein, dass die Reizwirkung an dieser grossen Platte praktisch ganz ausser Acht gelassen werden kann. Ganz besonders wird das dann der Fall sein, wenn die kleine Elektrode direkt über den zu untersuchenden Muskel, z. B. einen interosseus der Hand, aufgesetzt, die grosse Platte aber an eine entfernte Stelle, z. B. aufs Sternum, gebracht wird. Man nennt darum bei solcher Anordnung die grosse Platte, weil ihre Reizwirkung auf den betreffenden Muskel praktisch bedeutungslos ist, indifferente, die kleine, über den Muskel selbst gesetzte, aber differente oder Reizelektrode.

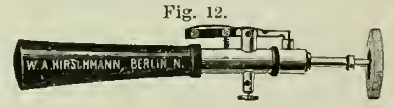
Wenn man eine solche Anordnung der Elektroden trifft, also die kleine Elektrode auf irgend einen Muskel oder motorischen Nerv setzt, und — am bequemsten mittels des Stromwenders — diese Reizelektrode bald zur Ka, bald zur An macht, so kann man diesen Muskel gewissermassen nur mit einem Pole untersuchen: man kann dann die Wirkung des galvanischen Stroms am positiven und am negativen Pol getrennt prüfen.

Um den Effekt verschiedener Stromstärken zu prüfen, wird man die Stromstärke am galvanischen Apparat mittels des Ele-

mentenzählers und des Rheostaten leicht reguliren (und am Galvanometer ablesen) können.

Was schliesslich die gesonderte Wirkung von Schliessung und Öffnung betrifft, so bedienen wir uns, um sie in einfacher Weise feststellen zu können, einer kleinen, an manchen Elektrodengriffen angebrachten sog. Unterbrechungsvorrichtung. Mit Hülfe dieser Unterbrecherelektrode kann jeder Zeit Schliessung und Öffnung bei festsitzender Elektrode durch einen einfachen Fingerdruck erzielt werden.

Fig. 12.




Anmerk. Die Mayer'sche Unterbrecherelektrode (s. Fig. 12) trägt zwischen der Leitungsschraube und der Elektrodenfläche ein nichtleitendes Hartgummistück. An der Seite der Elektrode befindet sich ein Metallhebel, der durch Druck auf eine kleine Feder gehoben wird und durch Nachlassen des Drucks niederfällt: Drückt man mit dem Daumen die Feder hernieder und hebt damit den Metallhebel, so kann durch das nichtleitende Gummistück kein Strom zur Elektrodenfläche gelangen: der Stromkreis ist offen. Wird der Daumen von der Feder entfernt, so tritt der Hebel zwischen Gummiplatte und Elektrodenfläche mit dem Elektrodenhals in Berührung, und nun kann der Strom mit Umgehung der Gummiplatte durch den Metallhebel zur Elektrodenfläche gelangen; der Strom ist geschlossen. So kann man, ohne die Elektrode von dem Punkt, auf dem sie sitzt, entfernen zu müssen, durch Daumendruck und Nachlassen des Druckes Stromschliessungen und -Öffnungen ausführen.*)

Man setze also, um das menschliche, polare Zuckungsgesetz zu prüfen, eine grosse, befeuchtete Elektrodenplatte auf's Sternum, eine kleine, ca 3 qcm Querschnitt habende, ebenfalls befeuchtete, mit Unterbrecher versehene Elektrode fest auf irgend einen motorischen Nerven oder Muskel des Körpers, z. B. auf einen interosseus der Hand, schalte eine beliebige Anzahl (20, 30 oder dergl.) galvanischer Elemente ein und führe, indem man mittels des Rheostaten den galvanischen Strom allmählich verstärkt, mit dem Unterbrecher abwechselnd Schliessung und Öffnung aus, so wird man Folgendes bemerken, was (in einer der Pflüger'schen Formel analogen Weise ausgedrückt) in der nachstehenden Tabelle dargestellt sein mag.

| | | An | Ka |
|---|---|---|---|
| I. | S. | — | z |
| | Ö. | — | — |

Bei schwachen Strömen tritt nur dann eine Muskelzuckung ein, wenn die Reizelektrode die Kathode ist, und nur im Moment der Schliessung. Während der Dauer der Durchströmung ist eine Contraktion nicht wahrzunehmen. Auch bei der Oeffnung nicht, ebensowenig, wenn die Reizelektrode die An ist. Man drückt das kurz mit den Worten aus: Bei schwachen Strömen besteht nur eine kleine Kathoden-Schliessungs-Zuckung (Ka Sz).

*) Man kann nb. auch durch Abheben und Aufsetzen der Electrode (beim faradischen Strom) oder mittels des Stromwenders (s. S. 11, beim galvanischen Strom) den Strom schliessen und öffnen.

| | | An | Ka |
|---|---|---|---|
| II. | S. | z | Z |
| | Ö. | z | — |

Bei stärkeren, etwa mittelstarken Strömen wird die Contraktion bei Schliessung mit negativer Reizelektrode. die Ka SZ grösser; aber jetzt treten auch schon Zuckungen auf, wenn die Anode Reizelektrode ist und zwar sowohl bei Schliessung als auch bei Oeffnung: bei mittelstarken Strömen tritt ausser Ka S Z auch Anodenschliessungszuckung (An Sz) und Anodenöffnungszuckung (An Oz) auf. Dagegen sieht man bei Oeffnung mit der Ka als Reizelektrode noch keine Contraktion. *)

| | | | |
|---|---|---|---|
| III. | S. | Z | Te |
| | Ö. | Z | z |

Erst bei starken Strömen, bei denen die An SZ und An O Z schon sehr gross geworden sind und bei Ka S eine sehr kräftige Zuckung eintritt, die sich tetanisch während der ganzen Dauer des Stromschlusses erhält, Kathodenschliessungstetanus (Ka ST e) — NB. eine Ausnahme vom Dubois'schen Gesetz — erst bei solcher Stromstärke also kann man oft eine kleine Kathodenöffnungszuckung (Ka Oz) nachweisen.

Kurz resumirt würde demnach das menschliche Zuckungsgesetz in den oben angegebenen Abkürzungen lauten:

I. Ka Sz.
II. Ka SZ. An Sz. An Oz.
III. Ka STe. An SZ. An OZ. Ka Oz.

Beim normalen Muskel und Nerven treten also zuerst Zuckungen auf bei Schliessung an der Ka, später erst An-Zuckungen und ganz zuletzt die Ka-Öffnungszuckung; oder wie man kurz — indem man Ka Oz als praktisch meistens bedeutungslos vernachlässigt — sagt: die Ka SZ ist in der Norm grösser als die An-Zuckungen (scil. bei derselben Stromstärke).

Die Form der galvanischen Zuckung.

Wenn so die Reihenfolge, in der bei wechselnder Stromstärke und wechselnden Polen die einzelnen Reizmomente (S und O) in Wirksamkeit treten, durch das Zuckungsgesetz bestimmt ist, so ist noch auf die Form der galvanischen Zuckung zu achten: bei Reizung eines Nerven (indirekter Reizung) mit dem constanten Strom contrahirt sich der normale Muskeln sehr rasch, „blitzartig“: die Zuckung entsteht im Moment der Schliessung oder der Öffnung prompt, und unmittelbar darauf klingt sie ebenso prompt wieder ab; der Muskel erschlafft im Nu. Dabei ist es gleichgültig, wie lange der Strom geschlossen bleibt. Nur bei sehr starken Strömen tritt, wie aus dem Zuckungsgesetz hervorgeht, bei Ka S ein Tetanus ein, d. h. eine Dauercontraktion, die bestehen bleibt, solange der Strom geschlossen ist; bei Strömen gewöhnlicher Stärke bleibt der Muskel unter der dauernden Einwirkung des Stromes schlaff. — Dieselbe Form hat die Zuckung bei direkter Reizung der

*) In den meisten Muskeln und motorischen Nerven tritt An SZ etwas früher ein als An OZ; in der Minderzahl ist das Verhältniss ein umgekehrtes.

Muskeln.*) Die Raschheit der Zuckung ist ein ausserordentlich wichtiges Merkmal für den normalen Ernährungszustand eines Muskels. Später, bei Besprechung der Entartungsreaktion, wird darauf rekurrirt werden.

Auf eins aber sei hier gleich aufmerksam gemacht: Es kommen auch in der Grenze des Normalen Schwankungen in Bezug auf Zuckungsraschheit vor; je grösser oder massiger ein Muskel ist, je mehr er gedehnt oder gespannt ist, resp. je grösser das Gelenk ist, das er zu bewegen hat, je mehr überhaupt seine Contraktion der Schwere entgegenarbeiten muss, um so weniger rasch ist häufig die Zuckungsform. In den kleinen Gesichtsmuskeln z. B. sieht eine normale Zuckung gewöhnlich erheblich blitzartiger aus, als z. B. am m. peroneus longus; und im quadriceps femoris wiederum ist die Promptheit der Contraktion meistens grösser, wenn das Bein flach auf einer Unterlage liegt, als wenn es im Knie gebeugt herunterhängt. Es ist nothwendig, sich von diesen Differenzen, zu denen übrigens auch noch individuelle Verschiedenheiten kommen, an vielen Personen zu überzeugen, damit man nicht in pathologischen Fällen zu falschen Schlüssen kommt.

Die faradische Zuckung.

Beim faradischen Strom gebrauchen wir in praxi die beiden Pole aus dem oben (S. 14) angeführten Grunde gewöhnlich ohne Unterscheidung; von einem polaren Zuckungsgesetz kann darum kaum die Rede sein.

Anm: Da aber, wie ebenfalls oben (S. 14) auseinandergesetzt, thatsächlich die Summe der Öffnungsschläge des Induktionsstromes für uns in Frage kommt, und wir also de facto doch An und Ka unterscheiden können, so können wir auch an den meisten Muskeln nachweisen, dass sie auf faradische Kathodenreizung bei schwächeren Strömen reagiren als auf An-Reizung. — Vielfach kann man auch sehen, dass bei Muskeln, die in mehreren Schichten über einander liegen, auf die faradische Ka der Muskel der einen (z. B. der oberen) Schicht, auf die faradische An der der anderen (z. B. der unteren) Schicht antwortet. Man findet das z. B. häufig an der Vorderarm-Streckseite, am m. extensor carpi radialis longus und dem m. supinator brevis. — Oder man sieht oft auch bei ausgedehnteren Muskeln, dass bei An-Reizung andere Muskelbündel zucken als bei Ka-Reizung (ähnliches zeigt sich nb. auch bei galvanischer Reizung) oder dass bei Nervenreizung auf die An andere Muskel antworten als auf die Ka.

Die faradische Zuckung ist tetanisch, d. h.: wenn man die Reizelektrode auf den Muskel (oder Nerven) setzt, und eine Schliessung macht, so erfolgt eine kräftige Contraktion des Muskels, die so lange andauert, als der Strom geschlossen bleibt; im Moment der Öffnung kehrt der Muskel zur Ruhelage zurück.

Da nämlich der sekundäre Induktionsstrom aus einer Summe rasch einander folgender momentaner galvanischer Einzelströme besteht, so antwortet der Muskel auf jeden dieser momentanen Ströme mit einer blitz-

---

*) Was wir direkte Muskelreizung nennen, ist de facto eine Reizung des im Muskel befindlichen Nervenästchens, das ihn versorgt, also auch eine indirekte. Nur der Kürze halber soll dieser unrichtige Ausdruck beibehalten werden. Die Muskelsubstanz selbst ist übrigens ebenfalls erregbar: die träge Zuckung bei der Entartungsreaktion entspricht wahrscheinlich einer Substanz-Reizung des Muskels.

artigen Zuckung, und zwar ist bei der Raschheit des Entstehens und Verschwindens dieser Ströme, bei der Grösse der Stromschwankung und darum ausserordentlich grossen Reizwirkung auf den Muskel die Muskel-Zuckung sehr kräftig: die momentanen Einzelströme folgen einander so schnell in der Zeiteinheit, dass, ehe die vom ersten hervorgerufene Zuckung abgeklungen ist, schon wieder die nächste beginnt, — so summiren sich die Einzelreize, und die Zuckung erscheint als Tetanus.

War bisher die qualitative Seite der galvanischen und faradischen Muskelcontraktion Gegenstand der Erörterung gewesen, so drängt sich jetzt die Frage nach dem quantitativen Moment der Zuckung auf: bei welcher Stromstärke tritt die Zuckung eines normalen Muskels ein? Die Stromstärke, bei der die erste, eben sichtbare Zuckung, die Minimalzuckung sichtbar wird, ist für verschiedene Muskeln und Nerven des Körpers und auch für verschiedene Stellen desselben Muskels oder Nerven verschieden; sie wechselt ausserdem bei verschiedenen Individuen und wahrscheinlich auch bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten in der Grenze des Normalen ausserordentlich. Das bezieht sich sowohl auf die Minimalzuckung, die vom galvanischen, als auf die, die vom faradischem Strome ausgelöst wird.

Die Minimalcontraktion und die Erregbarkeit.

Die Minimalzuckung ist für uns der Massstab für die elektrische Erregbarkeit eines Nerven oder Muskels. Bei je geringerem Strome sie auftritt, um so erregbarer ist ein Muskel oder Nerv; je grössere Stromstärken nothwendig sind, um eine Minimalcontraktion auszulösen, um so geringer ist die Erregbarkeit des betreffenden Muskels oder Nerven. — Wir messen die zur Erzielung der Minimalcontraktion nöthige Stärke des galvanischen Stromes, wie immer, am Galvanometer und lesen sie in MA ab. Die Stärke (oder richtiger die elektromotorische Kraft) (s. oben S. 14) des zu ihrer Erzielung nöthigen faradischen Stromes wird an der Skala der sekundären Spirale bestimmt und in Millimetern Rollenabstand ausgedrückt.

Anm. Wir müssen uns dabei immer vor Augen halten, dass nur das Mass für den galvanischen Strom ein absolutes, immer und überall vergleichbares ist, dass aber das faradische Mass nur einen relativen, für den gerade benutzten Apparat und für einen gerade vorhandenen Zustand desselben (Füllungszustand der Elemente etc.) giltigen Werth hat.

Da die Erregbarkeit der Muskeln und Nerven so vielfachem Wechsel unterworfen ist, so lässt sich auch für das, was wir beim Zuckungsgesetz als „schwache“, „mittelstarke“ oder „starke“ Ströme bezeichnet haben, kein allgemein giltiges, bestimmtes Mass angeben: es sind ebenfalls relative Werthe, die bei den verschiedenen Muskeln (und Nerven) ganz verschiedenen Stromstärken entsprechen (s. nächstes Kapitel).

Die Art und Weise, in der wir bei den einzelnen zu untersuchenden Muskeln und Nerven im concreten Falle die Erregbarkeit, d. h. die Minimalzuckung, feststellen, soll im nächsten Kapitel geschildert werden. Hier soll nur soviel gesagt sein: Wenn wir wissen wollen, ob ein Muskel oder Nerv normale Erregbarkeit hat, so haben wir zwei Möglichkeiten, das festzustellen:

1) Wenn es sich nur um Muskeln oder Nerven einer (evtll. suspekten) Körperhälfte handelt, die wir auf ihre Erregbarkeit prüfen wollen, so haben wir an den symmetrischen Muskeln oder Nerven der gesunden Körperhälfte die Möglichkeit der Vergleichung.

2) Wenn es sich aber um den Verdacht doppelseitiger Affektion handelt, so müssen wir einen anderen Weg einschlagen, um festzustellen, ob die betreffende Minimalzuckung bei normaler Stromstärke erfolgt oder nicht: nämlich den Vergleich mit anderen Individuen.

Die Stintzing-schen Tabellen.

Nun hat Stintzing an einer grossen Reihe Gesunder die Mehrzahl der Körpermuskeln und -Nerven auf ihre Erregbarkeit hin untersucht: aus den erhaltenen Resultaten bezüglich der Stärke der Minimalzuckungen hat er die Durchschnitts- und Mittelmasse genommen und in Tabellen angeordnet. Diese Tabellen geben uns also die durchschnittlichen Grössen der normalen Erregbarkeitsverhältnisse fast der sämmtlichen Körper-Muskeln und -Nerven und durch Vergleichung mit diesen Tabellen sind wir bei jedem Erregbarkeits-Befunde, den wir erheben, im Stande festzustellen, ob er normal ist oder nicht.

Dieser Satz bedarf allerdings einer zweifachen Einschränkung: 1) nämlich sind die Stintzing'schen Werthe der faradischen Erregbarkeit nicht ohne Weiteres zur Vergleichung heranziehbar, da sie ja in mm RA, also nicht in einem absoluten Masse ausgedrückt und darum zunächst nur für Stintzing's Apparat zur Zeit seiner Untersuchungen giltig sind. Wir müssten also jedesmal erst durch eigene Untersuchungen die dortigen Zahlen für unseren Apparat modificiren; 2) sind die Werthe der galvanischen Erregbarkeit zwar absolute und ohne Weiteres vergleichbare; aber sie halten sich in sehr weiten Grenzen, z. B.: n. peroneus, galvanische Erregbarkeit 0,2–2,0 MA; daher wäre es möglich, dass, wenn man z. B. bei einem Menschen findet, dass der n. peroneus beiderseits bei 1,75 MA reagirt, dies ebensogut in der Grenze des Normalen liegen, als es auch andererseits einer bedeutenden Herabsetzung der Erregbarkeit entsprechen könnte, wenn z. B. der betreffende Peroneus früher seine Minimalzuckung bei 0,2 MA gehabt hätte. — Die Stintzing'schen Tabellen sind also — um das Gesagte zusammenzufassen — verwendbar 1) für den galvanischen Strom bei stärkeren Veränderungen der Erregbarkeit (bei schwächeren nur mit grosser Vorsicht), 2) für den faradischen Strom nur nach Umrechnung der Stintzing'schen Werthe in Werthe des eigenen faradischen Apparats.

Zwei dieser Tabellen mögen hier folgen (nach Sperling):

**Galvanische Erregbarkeitsskala der Nerven.**

| Nach den unteren Grenzwerthen. | | | Nach den oberen Grenzwerthen. | | | Nach den Mittelwerthen. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | N. musc. cut. | 0,05 | 1. | N. musc. cut. | 0,28 | 1. | N. musc. cut. | 0,17 |
| 2. | N. accessor. | 0,10 | 2. | N. accessor. | 0,44 | 2. | N. accessor. | 0,27 |
| 3. | N. ulnar. I. | 0,2 | 3. | N. ulnar. I. | 0,9 | 3. | N. ulnar. I. | 0,55 |
| 4. | N. peron. | 0,2 | 4. | R. mental. | 1,4 | 4. | N. median. | 0,9 |
| 5. | N. median. | 0,3 | 5. | N. median. | 1,5 | 5. | R. mental. | 0,95 |
| 6. | N. crural. | 0,4 | 6. | N. crural. | 1,7 | 6. | N. crural. | 1,05 |
| 7. | N. tibial. | 0,4 | 7. | N. peron. | 2,0 | 7. | N. peron. | 1,1 |
| 8. | R. mental. | 0,5 | 8. | R. zygom. | 2,0 | 8. | R. zygom. | 1,4 |
| 9. | N. ulnar. II. | 0,6 | 9. | R. frontal. | 2,0 | 9. | R. frontal. | 1,45 |
| 10. | R. zygomat. | 0,8 | 10. | N. tibial. | 2,5 | 10. | N. tibial. | 1,45 |
| 11. | R. frontal. | 0,9 | 11. | N facial. | 2,5 | 11. | N. ulnar. II. | 1,6 |
| 12. | N. radial. | 0,9 | 12. | N. ulnar. II. | 2,6 | 12. | N. facial. | 1,75 |
| 13. | N. facial. | 1,0 | 13. | N. radial. | 2,7 | 13. | N. radial. | 1,8 |

**Faradische Erregbarkeitsskala der Nerven.**

| Nach den unteren Grenzwerthen. | | | Nach den oberen Grenzwerthen. | | | Nach den Mittelwerthen. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | N. accessor. | 145 | 1. | — — | 130 | 1. | — — | 137,5 |
| 2. | N. musc. cut. | 145 | 2. | — — | 125 | 2. | — — | 135 |
| 3. | R. mental. | 140 | 3. | — — | 125 | 3. | — — | 132,5 |
| 4. | N. ulnar. I. | 140 | 4. | — — | 120 | 4. | — — | 130 |
| 5. | R. frontal. | 137 | 5. | — -- | 120 | 5. | — — | 128,5 |
| 6. | R. zygomat. | 135 | 6. | — — | 115 | 6. | — — | 125 |
| 7. | N. median. | 135 | 7. | — — | 110 | 7. | — — | 122,5 |
| 8. | N. facial. | 132 | 8. | — — | 110 | 8. | — — | 121 |
| 9. | N. ulnar. II. | 130 | 9. | — — | 107 | 9. | — — | 118,5 |
| 10. | N. peron. | 127 | 10. | — — | 103 | 10. | — — | 115 |
| 11. | N. crural. | 120 | 11. | — — | 103 | 11. | — — | 111,5 |
| 12. | N. tibial. | 120 | 12. | — — | 95 | 12. | — — | 107,5 |
| 13. | N. radial. | 120 | 13. | — — | 90 | 13. | — — | 105 |

## 3. Capitel.

## Der Gang der Untersuchung.

Wenn ein motorischer Nerv oder Muskel erkrankt, erleidet unter gewissen Bedingungen seine Reaktion auf den elektrischen Strom Veränderungen, und zwar können diese Veränderungen sein:

1) quantitative: die Erregbarkeit des Nerven oder Muskels ist nicht normal, sie ist erhöht oder herabgesetzt oder erloschen; diese Veränderung kann betreffen a) den galvanischen, b) den faradischen Strom, c) beide Stromesarten.

2) qualitative: Das Zuckungsgesetz oder die Zuckungsform zeigt Abweichungen von der Norm und zwar können die Veränderungen des Zuckungsgesetzes nur den galvanischen Strom betreffen; die der Zuckungsform dagegen wiederum a) den galvanischen, b) den faradischen Strom, c) beide Stromesarten.

3) quantitative und qualitative Veränderungen.

Es ist also in allen pathologischen Zuständen, in denen der Verdacht auf solche Alterationen der elektrischen Reaktion vorliegt, nothwendig, die letztere genau festzustellen und mit der normalen Reaktion zu vergleichen, um sagen zu können, ob etwas Pathologisches vorliegt und worin es eventuell besteht. — Demnach muss man in solchen Fällen feststellen: 1) quantitativ die Erregbarkeit (ausgedrückt durch die Höhe der Minimalzuckung) des kranken Nerven oder Muskels und zwar sowohl die für den galvanischen als die für den faradischen Strom; 2) qualitativ: a) das Erhaltensein oder Nichterhaltensein des normalen Zuckungsgesetzes für den galvanischen Strom und b) die Zuckungsform für beide Stromesarten.

Alle die erhaltenen Resultate müssen mit denen verglichen werden, die an entsprechenden normalen Nerven oder Muskeln sich finden; also — wie im vorigen Kapitel (S. 26) aufgeführt wurde — entweder bei einseitiger Affektion mit denen der symmetrischen Nerven oder Muskeln der anderen gesunden Körperhälfte oder mit denen analoger Nerven oder Muskeln bei einer grossen Zahl anderer, gesunder Individuen, und zwar am besten an der Hand der Stintzing'schen „Tabellen für die elektrodiagnostischen Grenz- und Durchschnittswerthe."

Die erregbarsten Punkte.

Die quantitative Erregbarkeit eines Muskels ist nicht an allen Stellen seiner Oberfläche gleich gross; sie ist normaliter am grössten an dem Punkte, der dem Eintrittt des motorischen Nervenastes in den Muskel entspricht (dem erregbarsten Punkt) und wird geringer, je weiter man sich von diesem Punkte entfernt. — Sie ist (wie schon S. 21 Anmerkg. gesagt), thatsächlich eine Reizung intramuskulärer Nervenästchen.

Die erregbarsten Punkte der Nervenstämme sind die Stellen, an denen diese Stämme der Oberfläche des Körpers am nächsten liegen.

Wenn man einen suspekten Muskel oder Nerven mit einem gesunden vergleicht, so vergleicht man, um sichere Resultate zu erlangen, ihre erregbarsten Punkte mit einander. — Die Lage dieser Punkte muss man also genau kennen, um elektrische Diagnostik — und auch, um exakte Therapie — treiben zu können. Es sind schematische Tafeln konstruirt worden, in denen diese Punkte auf die Oberfläche des menschlichen Körpers projicirt angegeben sind. Das Studium dieser Tafeln allein reicht aber für die Praxis nicht aus, denn

Die schematischen Tafeln.

erstens giebt es schon in der Norm der anatomischen Varietäten (in Bezug auf Lagerung der Muskeln, Bau der Haut und des Skelets, grössere oder geringere Entwicklung dieses oder jenes Muskels etc.) beinahe so viele, als es Individuen giebt. Bei jeder derartigen Varietät lässt uns aber die Tafel im Stich;

zweitens verändern in gewissen pathologischen Fällen die erregbarsten Punkte der Mnskeln ihre Lage, so dass der betreffende Muskel zwar nicht in der im Schema eingezeichneten Stelle elektrisch zu reizen ist, dafür aber an einem anderen Punkte im Muskelverlauf;

drittens aber können da, wo die Muskeln in mehreren Schichten übereinanderliegen, z. B. an der Vorderarm-Streckseite, in Folge von Atrophie Muskeln der oberen Schicht verschwinden und unterliegende oberflächlich zu liegen kommen. Wenn man dann an der im Schema als Reizpunkt des atrophischen Muskels bezeichneten Stelle elektrisch reizt, so bekommt man zwar eine Zuckung zu Gesicht, aber es ist ein ganz anderer als der gesuchte Muskel, dessen Contraktion man sieht. Die Tafel kann dann also zu Irrthümern führen.

Um alle diese Fehlerquellen zu vermeiden, ist es zur Ergänzung der — immerhin als Anhaltsmittel brauchbaren — Tafelschemata nothwendig, 1) sich den anatomischen Verlauf der Muskeln und der motorischen Nerven ins Gedächtniss zu rufen, 2) ganz besonders die Funktionen der einzelnen Muskeln zu kennen. Dann wird man in jedem, auch im anomalsten Falle über die Natur und den Ursprung einer gesehenen Zuckung klar sein.

Das Aufsuchen der erregbarsten Muskel- uud Nervenpunkte, welches das ABC aller Elektrodiagnostik ausmacht, und dessen ausgiebigstes praktisches Üben für den Anfänger unbedingt erforderlich ist, geschieht in folgender Weise:

Allgemeine Regeln für elektrodiagnostische Uebungen.

Der untersuchende Arzt sitzt oder steht vor dem Patienten so, dass das Licht auf den zu untersuchenden Theil und auf den elektrischen Apparat (besonders das Galvanometer) fällt. Gutes Licht ist erste Bedingung. Man muss auch darauf achten, dass der Kopf oder der Arm des Arztes selbst oder der Elektrodengriff nicht den untersuchten Theil beschatten: das Sehen der Minimalzuckung ist oft selbst bei hellem Lichte nicht leicht.

Am besten sitzen während der Untersuchung beide, sowohl der Arzt als der Patient. Am Bein geschieht die Untersuchung am bequemsten, wenn dasselbe auf einem Sopha oder einer Bank (auch auf zwei zusammengestellten Stühlen) ausgestreckt ruht, während der Arzt daneben sitzt. Um an der Hinterseite der Unterextremität zu untersuchen, muss man den Patienten auffordern, sich auf den Leib zu legen, oder wenn das nicht angeht — bei der Untersuchung auf zwei Stühlen z. B. – muss er sich so drehen, dass er ganz auf die nicht untersuchte Seite zu liegen kommt. — Die Rumpfmuskeln können am stehenden Patienten untersucht werden.

Die zu prüfenden Muskeln dürfen nicht gespannt sein. Man achte also darauf, dass die Körperstellung, — wie das z. B. soeben bezüglich des Beins erwähnt wurde — eine Schlaffhaltung ermöglicht. Weiterhin fordere man den Patienten, sobald man merkt, dass er die zu untersuchenden Muskeln contrahirt, von Zeit zu Zeit auf, „locker zu lassen“ und „nicht zu spannen“ oder dergl. Dieses „Spannen“ geschieht häufig in Folge einer gewissen Ungeschicklichkeit der Patienten, die das „Entspannen“ erst lernen müssen. Nicht Hysterische oder Neurasthenische allein, sondern auch gesunde Leute wissen oft nicht, wie sie es anstellen sollen, einen Arm z. B. „locker zu lassen“ Durch Auflegen auf eine Unterlage oder Unterstützen des Armes, Kopfes etc. mit der Hand des Arztes, sowie durch Ablenken der Aufmerksamkeit kann man dieses Entspannen oft leichter herbeiführen. Man sehe sich aber vor, dass man sich bei diesem Unterstützen das zu prüfende Gebiet nicht mit dem eigenen Daumen verdeckt, oder den betreffenden Theil so hält, dass man die erwartete Muskel- oder Nervenwirkung nicht gehörig überblicken kann. — In den Fällen, in denen die Spannung auf pathologische Ursachen zurückzuführen ist, z. B auf Kontrakturen, sind besondere kleine Kunstgriffe nöthig.

Man setze die Elektroden befeuchtet auf.

Die indifferente Elektrode.

Eine indifferente grosse Platte setze man entweder aufs Sternum oder in den Nacken oder auch in die Kreuzbeingegend. Man sollte zu Untersuchungszwecken niemals die indifferente Elektrode in eine Hand des Patienten setzen, weil das alle Exaktheit unmöglich macht. Im Nacken wird man die indifferente Elektrode zu diagnostischen Zwecken nur im Notfalle aufsetzen, weil in dieser Stellung bei Anwendung des galvanischen Stromes die Nebenwirkungen dieses Stromes (Lichtblitze vor den Augen schon bei geringen Stromschwankungen, galvanischer Geschmack auf der Zunge, Schwindelgefühl etc.) sehr leicht auftreten, viel leichter, als wenn die indifferente Elektrode z. B. am Sternum oder am Kreuzbein steht. Beide letztgenannten Stellen sind auch wegen ihrer Muskelarmuth als

Plätze für die indifferente Elektrode sehr zweckmässig. Bei Untersuchung der Arme wird man zum Anbringen der indifferenten Elektrode nicht gern das Sternum wählen, um zu vermeiden, dass der Patient einen seiner Arme zum Festhalten der Elektrode verwenden muss. Die Reizelektrode wählt man von kleinem Querschnitt, weil man so eine möglichst grosse Stromdichtigkeit an ihr erzielt. Die Reizelektrode.

Um in dem Bruch $\frac{J}{Q}$, der bekanntlich die von uns jedesmal festzustellende Stromdichtigkeit ausdrückt, einen bequem zu berechnenden Divisor zu haben, kann man eine Reizelektrode von 10 qcm Querschnitt (Erb'sche Normalelektrode) zur Untersuchung verwenden, oder da diese für viele Stellen (z. B. am Gesicht) zu gross ist, eine Elektrode von 3 qcm Q (Stintzing'sche Normalelektrode). Man setzt die Elektrode — befeuchtet natürlich — mit der ganzen Fläche auf, nicht mit der Kante, weil sich sonst sofort der Querschnitt und demgemäss die Dichtigkeit ändert. Beim Aufsetzen soll immer der Unterbrecherhebel vom Daumen des Arztes heruntergedrückt werden, also der Unterbrecher geöffnet sein. Normalelektroden.

Jetzt schalte man den Strom ein und zwar zunächst zum Aufsuchen des erregbarsten Punktes den faradischen Strom, dessen man sich n. b. auch zu Übungszwecken am besten bedient: da die faradische Zuckung tetanisch ist, also im Allgemeinen länger anhält als die galvanische, nämlich die ganze Dauer des Stromschlusses hindurch, und da ihre Dauer darum auch vom Untersucher leicht beliebig lange ausgedehnt werden kann, so wird es beim Induktionsstrom bequemer sein, die Wirkung genau zu sehen und demnach auch, sich darüber zu orientieren, welchen Muskel oder Nerven man vor sich hat, und wo dessen erregbarster Punkt liegt*). Man stellt also den faradischen Apparat auf eine geringe Stromstärke ein, und während man den Unterbrecher der aufsitzenden Elektrode mehrmals schliesst und wieder öffnet, verstärkt man den Strom durch Verschiebung der sekundären über die primäre Spirale, bis gut sichtbare Muskelcontraktionen erfolgen.

Man lasse den Strom bei den einzelnen Unterbrechungen immer nur solange geschlossen, als unbedingt nöthig, um die Zuckung zu sehen, die der faradische Strom verursacht. — Besonders empfindlich sind oft die Stellen, an denen dicht unter der Haut ein Knochen liegt, also z. B. an der Stirn, oder am n. ulnaris und peroneus. Dort muss bei einigermassen kräftigen Strömen die Strom-

*) Ausserdem hat der faradische Strom keine erhebliche Wirkung auf den Leitungswiderstand, während der galvanische Strom ihn (s. S. 7) herabsetzt. Man bekommt also richtigere Resultate, wenn man den Induktionsstrom zuerst applicirt.

schliessung nur ganz kurz sein. Man unterbreche dann den Strom sofort nach dem Schluss wieder durch Druck auf den Unterbrecher-Hebel Man vermeide es aber, die Reizelektrode von der einmal als erregbarsten Punkt gefundenen Stelle zu entfernen. Stromschliessung und -Öffnung etc. wird nur mit Hilfe des Unterbrechers besorgt; die Elektrode jedoch bleibt bis zum völligen Schluss der Untersuchung am gefundenen Punkte sitzen; schon eine Verschiebung um Millimeter oder kleine Hebungen einer Elektroden-Kante verändern oft die Resultate nicht unerheblich. Bei längeren Untersuchungen thut man gut, den erregbarsten Punkt, wenn man ihn einmal gefunden hat, mit einem dermatographischen Stift zu bezeichnen.

Bei schwierigen Untersuchungen kann es eine Erleichterung sein, wenn ein Assistent das Ein- und Umstellen des Apparates besorgt oder die Resultate der Untersuchung notirt. Im Allgemeinen kann man aber auch ganz bequem allein fertig werden. Nur für den Anfänger dürfte es sich empfehlen, die Untersuchungen mit einem Andern gemeinsam auszuführen, weil so das oben erwähnte Festhalten des erregbarsten Punktes besser gelingt und weil sich überdies zwei Personen gegenseitig unterstützen können, um über die Qualität und Quantität der Muskelcontraktionen Klarheit zu erlangen.

Man drücke nicht unnöthigerweise stark mit der Elektrode auf die unterliegenden Theile. Wenn dieselbe gut — eventuell mit warmem oder Salz-Wasser — befeuchtet ist, ist das Drücken meist überflüssig. Nur an gewissen, sehr tiefliegenden Punkten, z. B. dem des n. facialis oder dem des n. radialis am Oberarm, ist ein gewisser Druck nicht zu vermeiden, zumal an der letzteren Stelle leicht die Elektrode durch den sich contrahirenden m. triceps herausgeschleudert wird.

Wenn man von der Stelle aus, von der erfahrungsgemäss ein Nerv oder Muskel am leichtesten zu erregen ist, in der That die entsprechende Zuckung gesehen hat, so suche man jetzt, indem man die Elektrode gleichsam tastend im Verlauf des Muskels auf mehrere andere Stellen geöffnet aufsetzt und an jeder dieser Stellen eine oder zwei Schliessungen ausführt, die ganze Nachbarschaft des erstgefundenen Punktes darauf hin ab, ob nicht vielleicht von irgend woher bei derselben Stromintensitat eine stärkere Contraction zu erzielen ist. — Ist das nicht der Fall, dann ist der erstgefundene Punkt der erregbarste (Weiteres s. unten).

Im Folgenden sollen die erregbarsten Punkte der Nerven und der wichtigsten Muskeln des Körpers einzeln besprochen werden und zwar in folgender Weise: 1) sollen die Stellen beschrieben werden, an denen diese Punkte meistens liegen; diese Stellen sind ausserdem

in schematischen Figuren auf die Haut projicirt angegeben; unter jeder solchen — auf durchsichtiges Papier gezeichneten — schematischen Figur befindet sich immer eine mit ihr in den Conturen sich deckende Tafel, welche den anatomischen Verlauf der betreffenden Muskeln und Nerven wieder in Erinnerung bringen soll*). Durch Vergleich beider Tafeln wird das Merken der Lage der erregbarsten Punkte erleichtert werden, ganz besonders aber wird durch Studium des Muskelverlaufes dem viel wichtigeren Verständniss der Muskelfunktion nachgeholfen. Es soll nämlich im Folgenden 2) bei jedem Muskel angegeben werden, welche Hauptfunktion er ausübt, und bei jedem Nerven, welche Muskeln von ihm versorgt werden und welche Wirkung demnach bei seiner Reizung eintritt. Warum es nöthig ist, das zu wissen, ist oben (S. 29.) auseinandergesetzt worden.

## Die Nerven und Muskeln des Gesichts.

(s Figur 13 auf der Tafel.)

Die Nerven und Muskeln des Gesichts.

Bei allen Untersuchungen am Gesicht halte man die eine Hand gegen die nicht untersuchte Gesichtshälfte des Patienten, um eines Ausweichen zu verhüten. Bei Prüfung der Muskeln um den Mund lasse man den Mund leicht öffnen.

Der Stamm des N. facialis kann gewöhnlich an zwei Stellen gereizt werden:

1) im Winkel zwischen Proc. mastoïdeus und absteigendem Unterkieferast. Man drücke dabei die Elektrode möglichst nach oben und etwas nach vorn in den Winkel hinein, indem man sie unterhalb des Ohrläppchens hineinschiebt. Die Wirkung ist: Contraktion sämmtlicher vom Facialis versorgter Gesichtsmuskeln; die Muskeln des oberen Astes (Mm. frontalis und corrugator supercilii) zucken dabei oft nur schwach oder gar nicht mit. Der Nerv ist mässig erregbar;

2) auf dem Tragus des Ohres. Auch von dort bekommt man oft nur eine Wirkung des zweiten und dritten Astes. Dieser Punkt ist nicht constant.

Die drei Äste des Facialis kann man dann einzeln reizen. Sie liegen etwa in einer graden Linie unter einander: der mittelste auf dem Tuber ossis zygomatici oder ein wenig darunter; der oberste gerade darüber da, wo die gedachte gerade Linie den Arcus superciliaris schneidet; der unterste gerade darunter da, wo die gedachte Linie den Unterrand des horizontalen Unterkieferastes trifft.

Bei Reizung des oberen Astes zuckt der M. frontalis und der Corrugator supercilii: man sieht Runzelung der Stirn und der Augenbrauen.

*) Die Zeichnungen sind nach meiner Angabe von Herrn Arthur Levin angefertigt worden, die Muskeltafeln unter theilweiser Benutzung Quain-Hoffmann'scher Bilder

Bei Reizung des mittleren Astes zucken: M. orbicularis oculi, Mm. zygomatici, die Nasenmuskeln, die Heber der Oberlippe und der M. orbicularis oris (oft auch nur dessen untere Hälfte), Wirkung: Augenschluss, Lachbewegung, Nasenrümpfen, Runzeln der Oberlippe (oder Mundspitzen).

Bei Reizung des unteren Astes zucken: M. levator menti, M. depressor labii inferioris und M. depressor anguli oris (eventuell auch untere Hälfte des Orbicularis oris). Wirkung: Hebung des Kinns, Umstülpung der Unterlippe und Verziehung des Mundwinkels nach unten und aussen.

Von einzelnen Muskeln, die am Gesicht gereizt werden können, sind zu erwähnen:

M. frontalis, erregbar meistens nahe dem äusseren oberen Winkel der betreffenden Stirnhälfte unweit der Haargrenze. Wirkung: Querfaltung der Stirn, Hebung der Braue. Die faradische Reizung dort ist schmerzhaft, daher nur kurzer Stromschluss! Bei der galvanischen Reizung dort (wie übrigens auch bei den anderen Gesichtsmuskeln) leicht Schwindel, Lichtblitze etc.

M. corrugator supercilii, meistens ein wenig nach innen vom Nervenpunkte des oberen Astes. Wirkung: Längsrunzelung der Gegend zwischen den Augenbrauen. Man unterscheidet diesen Punkt vom benachbarten Nervenpunkt dadurch, dass beim letzteren auch eine Frontalis-Wirkung zu sehen ist. Auch ist der Nervenpunkt viel erregbarer.

M. orbicularis oculi, im äusseren Orbita-Winkel. Wirkung: Bewegung der beiden Lider gegen einander. In pathologischen Fällen (Entartungsreaktion) ist der erregbarste Punkt dieses Muskels oft auf dem unteren oder oberen Lied zu finden.

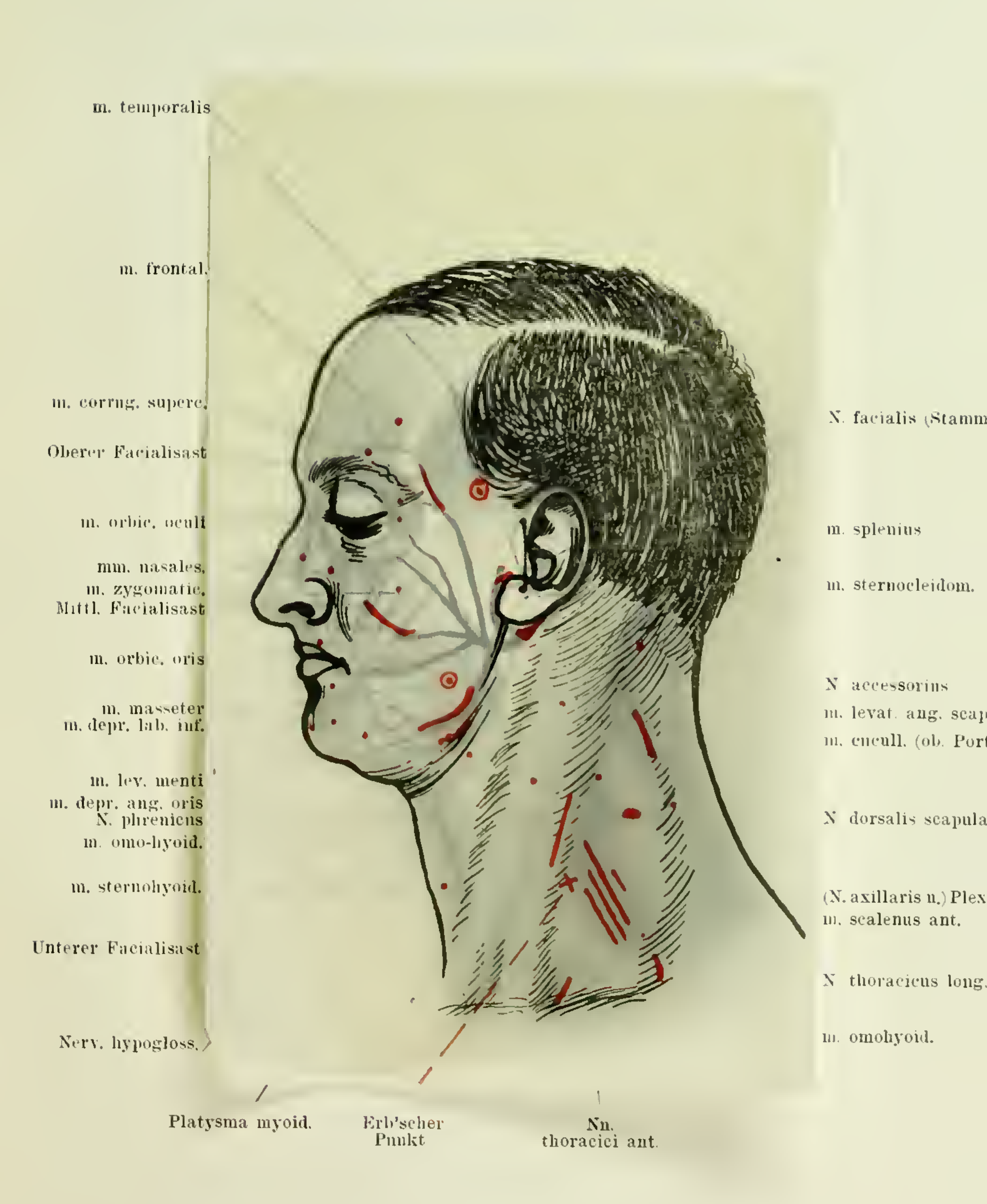
Mm. nasales, schwer — und im Allgemeinen unnöthig — zu isoliren, erregbar medial vom inneren Augenwinkel in der Nähe der Nasenwurzel. Wirkung: Nasenrümpfen und leichtes Heben der Oberlippe.

Mm. zygomatici, ein wenig lateral und unten vom vorigen Punkte. Wirkung: Lachbewegung.

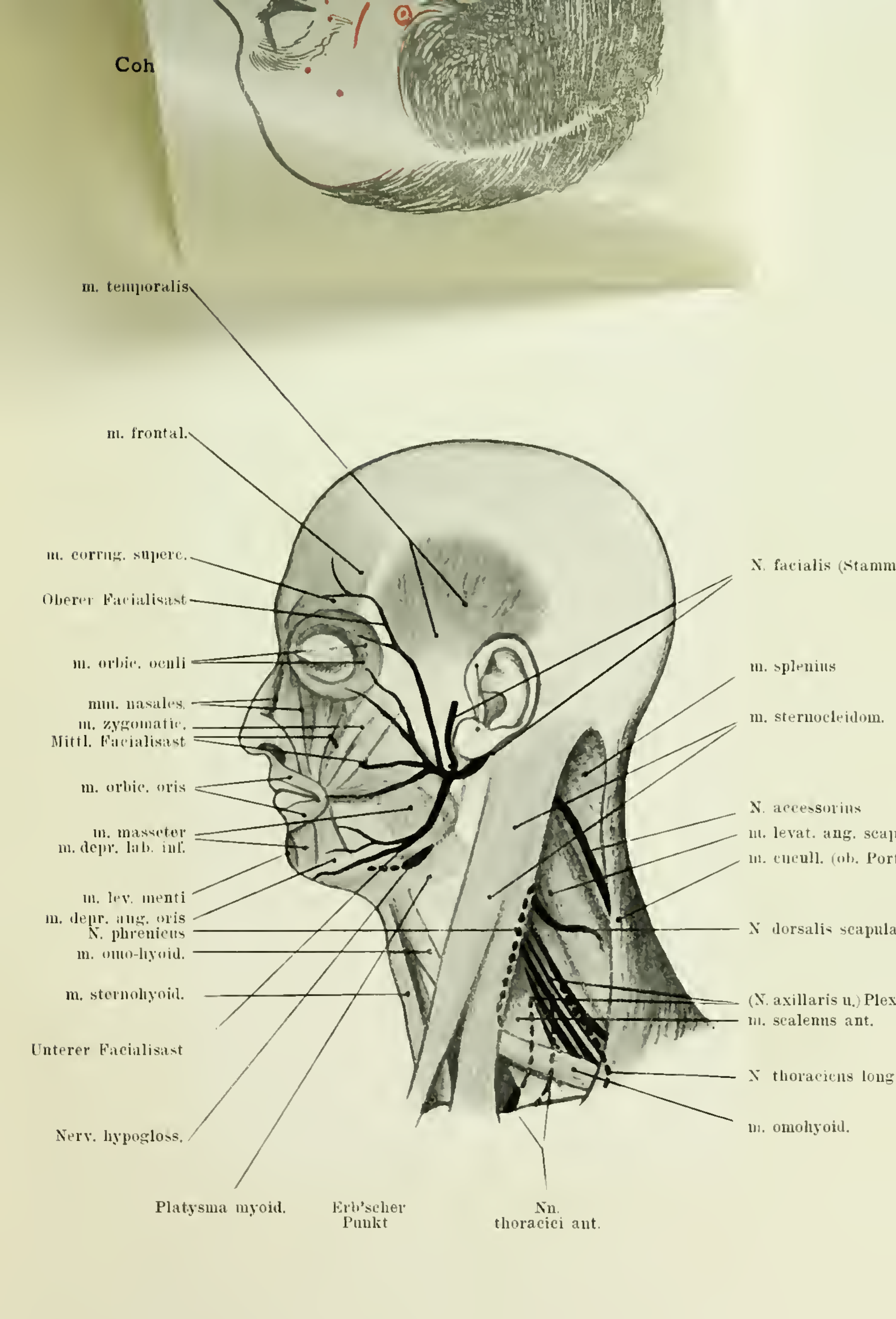
M. orbicularis oris, in zwei Hälften zu erregen: a) obere Portion, etwa querfingerbreit über dem Lippenroth, ein wenig medial vom äusseren Mundwinkel. Wirkung: Runzelung und Spitzen der Oberlippe; b) untere Portion, ziemlich dicht am Lippenroth und etwas mehr medial als der obere Punkt. Wirkung: Runzelung und Spitzen der Unterlippe.

M. mentalis oder levator menti, auf dem Kinn nahe dem Unterkieferrande und recht dicht an der Medianlinie. Wirkung: Kinn-

Fig. 13.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

hebung und -Runzelung. Der Anfänger kommt hier leicht in Gefahr, den symmetrischen Muskel der anderen Körperhälfte mitzureizen.

M. depressor labii inferioris oder quadratus menti, ein wenig lateral und nach oben vom vorigen Punkt. Wirkung: Umstülpung der Unterlippe nach aussen. — Oft schwer vom vorigen oder vom nächsten Muskel zu trennen.

M. depressor anguli oris oder triangularis menti, meist dicht am Unterrande des horizontalen Unterkieferastes, ein wenig nach aussen und unten vom vorigen. Wirkung: Herabziehen der Unterlippe nach unten-aussen. Er liegt in der Nähe des Nervenpunktes für den dritten Facialis-Ast. Die Wirkung des letzteren kann man aber von der des Muskels, abgesehen davon, dass der Nerv meist erregbarer ist, gewöhnlich dadurch unterscheiden, dass bei Reizung des Nervenastes auch der M. mentalis sich contrahirt, also Kinnhebung oder -Runzelung miteintritt. — In pathologischen Fällen findet man den Punkt dieses Muskels oft weit oben, nach der Lippe zu.

Am Gesicht findet man ausserdem noch zwei Muskeln, die nicht vom Facialis, sondern vom dritten Ast des Trigeminus versorgt werden, nämlich den

M. masseter, etwa in der Mitte zwischen Jochbogen und horizontalem Unterkieferast, ziemlich weit lateral, etwa $1\frac{1}{2}$—2 Querfinger innen vom Ohrläppchen; und den

M. temporalis, etwa in der Mitte der Schläfengrube, vom oberen Rande des Jochbogens und von der Haargrenze etwa gleichweit entfernt.

Die beiden letzten Muskeln bewirken Kaubewegung, Aufeinanderklappen der Zähne; beide sind meistens erst bei stärkeren Strömen zu erregen. — Bei Facialis-Lähmungen mit Erloschensein der Erregbarkeit dieses Nerven sieht man oft die Bewegung dieser beiden Muskeln nach Reizung am Facialis-Punkte rein hervortreten; der Anfänger hüte sich, diese Bewegung dann mit Facialis-Zuckung zu verwechseln.

## Die Nerven und Muskeln am Halse.

(s. Fig. 13 auf der Tafel.)

Die Nerven und Muskeln am Halse.

Bei der sehr verschiedenen Configuration gerade der Halsgegend (und insbesondere auch der Fossa supraclavicularis) bei den verschiedenen Personen wird gerade dort die Lage der erregbarsten Punkte eine individuell vielfach wechselnde sein. In vielen Fällen wird man sich mit dem Finden der hauptsächlichsten Nervenpunkte begnügen müssen. Je geübter man wird, um so häufiger wird man positive Resultate haben. Man bedient sich für den Hals einer Reizelektrode von sehr kleinem Querschnitt (knopfförmige Elektrode). Diese kleinen Elektroden müssen besonders reichlich durchfeuchtet werden.

N. accessorius, im hinteren Halsdreieck, durchschnittlich etwa

zwei Finger breit unter dessen oberem Winkel, nahe der oberen Portion des M. cucullaris. Sehr leicht erregbar. Wirkung: Contraktion des M. sternocleido-mastoïdeus und des M. cucullaris (der ausser von ihm n. b. noch Fasern aus dem Cervikalgeflecht erhält). Kopfneigung nach hinten, Hebung und Drehung des Kinns nach der anderen Seite.

N. hypoglossus, gelegentlich dicht oberhalb des Zungenbeins zu reizen.

Plexus brachialis; im ganzen unteren inneren Drittel der fossa supraclavicularis und auch noch lateral davon sind Theile von ihm leicht zu treffen. Wirkung: je nach der Stelle wechselnd, meist im Medianus- u. Axillarisgebiet (Beugung der Hand und der Finger, Abhebung des Armes vom Thorax etc.)

Erb'scher (Supraclavicular-)Punkt, eine Stelle im Plexus cervico-brachialis, meist etwas mehr als daumenbreit oberhalb des obcren Clavicularrandes und ein wenig lateral vom Sterno-cleido-mastoïdeus. Er verändert naturgemäss, je nach der Configuration der Oberschlüsselbeingrube, seine Lage oft sehr wesentlich. Von dieser Stelle aus erhält man Contraktion der Mm. deltoïdeus, biceps, brachialis internus und brachio-radialis, also ruckartige Abhebung des Arms vom Thorax und kräftige Ellenbogenbeugung in Pronationsstellung; ist fast regelmässig zu treffen und meist gut erregbar.

Nn. thoracici anteriores; man muss die Knopfelektrode beim herabhängenden Arm des Patienten tief hinter die Clavicula eindrücken und nicht zu schwache Ströme wählen. Auch dann noch muss oft auf das Auffinden des Punktes verzichtet werden. Wirkung: Pectoralis-Contraktion (Adduction des Arms an den Thorax.)

N. thoracicus longus; oft am Halse nicht erregbar; wenn, dann im äussersten Winkel des hinteren Halsdreiecks mit tief hineingedrückter Knopfelektrode. Wirkung: Contraktion des M. serratus anticus maior (das Schulterblatt wird nach aussen-vorn bewegt, oder man sieht einzelne Zacken des Serratus vorspringen).

N. axillaris; ein wenig medial und oben vom vorigen, nahe dem äusseren Dreieckwinkel, nicht selten zu isoliren, wenn auch oft Theile des Plexus mitgereizt werden (er ist nb. bei einzelnen Personen auch in der Achselhöhle zu reizen). Wirkung: Deltoïdeus-Contraktion (Abhebung des Arms vom Thorax).

N. dorsalis scapulae; oft, aber nicht ganz leicht, erregbar; ein wenig nach innen vom vorigen. Wirkung: Contraktion der Rhomboïdei und des Levator scapulae. Hebung des Schulterblatts mit Drehung nach oben-innen.

N. phrenicus; selten zu diagnostischen Zwecken gesucht, zu therapeutischen (Asphyxie) meist doppelseitig zu erregen und zwar entweder, indem man an die zur Reizelektrode führende Leitungsschnur

ein gegabeltes Ansatzstück befestigt und zwei gleichgrosse Reizelektroden von geringem Querschnitt (3 qcm und weniger) an dessen beiden Enden anbringt; oder aber, indem man auf eine indifferente Elektrode verzichtet und zwei kleine Knopfelektroden wählt, deren jede man an eine Seite des Halses setzt, und deren eine mit einem Unterbrecher versehen ist. Der erregbarste Punkt liegt oft unter (hinter) dem Sterno-cleido-mastoïdeus, bald am Ende seines oberen Drittels, bald auch weiter unten. Man muss also die Elektrode hinter den Muskel zu schieben, den Muskel gleichsam abzuheben suchen. Wenn der Punkt nicht richtig getroffen ist, wird oft die Elektrode durch den sich contrahirenden Sterno-cleidom. herausgeschleudert, oder es treten anstatt der gesuchten Wirkung Plexus-Zuckungen oder dergl. auf. Wirkung: Zwerchfellcontraktion (Vorwölbung des Epigastriums und besonders Einströmen der Luft in die Luftwege mit einen hörbaren, „schlucksenden" Geräusch).

Von Muskeln am Halse wären zu erwähnen:

M. sternocleidomastoïdeus, etwa in der Muskelmitte am leichtesten reizbar. Wirkung: Vorspringen des Muskels aus der Halscontur, Drehung des Kopfes nach der anderen Seite, wobei die Ohrmuschel nach vorn geneigt wird.

M. omohyoïdeus, seine Reizung ist praktisch ohne Bedeutung. Siehe Fig. 13. Vorspringen seiner langgestreckten Contur.

M. levator anguli scapulae, oft dicht unter dem Axillarispunkte zu erregen. Hebung der Schulter mit leichter Kopfdrehung nach der gereizten Seite.

M. splenius capitis et colli, dicht unter dem Proc. mastoïdeus. Dreht den Kopf nach der gereizten Seite.

M. platysma myoides, im vorderen Halsdreieck ziemlich weit oben, etwas unterhalb des Zungenbeinniveaus. Wirkung: Anspannung der Halshaut und leichtes Herabziehen des Mundwinkels.

Die Kehlkopf- und ebenso die Gaumen- und Zungenmuskeln sind mit Elektroden von entsprechender Grösse unschwer zu erregen. Erwähnenswerth ist, dass bei Bestreichen der Gegend seitlich vom Kehlkopf von oben nach unten mit der Ka des galvanischen Stromes (ca 15 qcm Querschnitt bei Strömen mittlerer Stärke, 3—6 MA) Schluckbewegungen leicht ausgelöst werden können. — Faradische Ströme rufen diese Wirkung nicht hervor.

## Die Nerven und Muskeln der oberen Extremität.

(s. Fig. 14 und 15 auf den Tafeln.)

Nerven und Muskeln der oberen Extremität.

Zur Untersuchung der Muskeln und Nerven des Arms lege man den Arm des Patienten leicht im Ellbogen gebeugt auf eine Unterlage, am besten auf die eigene, nicht untersuchende Hand. Man umfasse sie aber nicht mit der Hand und verstelle sich nicht mit dem eigenen

Daumen den Effekt der Muskelreizung; man benutze seine eigene Hand mit nicht opponirtem Daumen nur, wie gesagt, als Unterlage; je nachdem es sich um rechte oder linke Körperhälfte, um Streck- oder Beugeseite handelt, wird man natürlich die Reizelektrode bald in die rechte, bald in die linke Hand nehmen.

N. radialis, an der Umschlagstelle des Nerven an der Aussenseite des Oberarms, in der Mitte zwischen Ansatzpunkt des M. deltoïdeus und Condylus externus humeri. An dieser Stelle oder auch etwas darüber oder darunter setze man, indem man mit einer Hand den Arm gehoben und im Ellbogen leicht gebeugt unterstützt, mit der anderen die Reizelektrode mit festem Druck zwischen Biceps und Triceps in die Tiefe.

Anm. Manchmal muss man dabei den Druck der Elektrode etwas mehr nach vorn, manchmal etwas mehr nach hinten richten; am besten thut man, wenn man sie direkt auf den Punkt setzt, an welchem man durch vorhergehendes, vorsichtiges Palpiren in der Richtung von oben nach unten den runden Nervenstrang schräg über den Humerus ziehend gefühlt hat. — Bei stärkeren Strömen oder Verschiebung der Elektrode nach vorn treten leicht Contraktionen des sehr erregbaren Biceps ein, die alle übrigen Wirkungen verdecken.

Wirkung: Contraktion der Streckmuskeln der Hand und der Finger, (des Supinator brevis und des Brachioradialis [Supinator longus] nicht ganz regelmässig); also Streckung der Hand und der Finger, eventuell auch Supination und Ellenbogenbeugung. Zu beachten ist: 1) dass der N. radialis für die Ka des galvanischen Stromes sowie auch für die Ka des faradischen (Öffnungs-) Stromes gewöhnlich viel leichter erregbar ist als für die An. 2) Beim faradischen Strom, besonders bei einigermassen starken Strömen, hält die Zuckung im Radialisgebiet nicht während der ganzen Dauer des Stromschlusses an, sondern ist meistens nur vorübergehend sichtbar. Das kommt daher, dass der erregbarste Punkt des Nerven dem erregbarsten Tricepspunkt benachbart ist, und dass durch den sich contrahirenden Triceps die Elektrode aus der Tiefe herausgeschleudert und dadurch vom Nerven entfernt wird. — Besonders bei Reizung dieses praktisch wichtigen Nervenpunktes sehe man sich vor, sich nicht mit der eigenen Hand die Wirkung der elektrischen Reizung zu verdecken, ein Fehler, in den Anfänger sehr häufig verfallen*).

N. ulnaris; 1) In der fossa ulnaris innen vom Olecranon. Der Arm des Patienten stehe bei Reizung dieses Nerven in der Schulter gehoben, im Ellbogen halb gebeugt, die Hand mit der Palma nach unten hängend. Wirkung: Contraktion der Mm. interossei, des M. adductor pollicis, des M. flexor carpi ulnaris und eines Theils

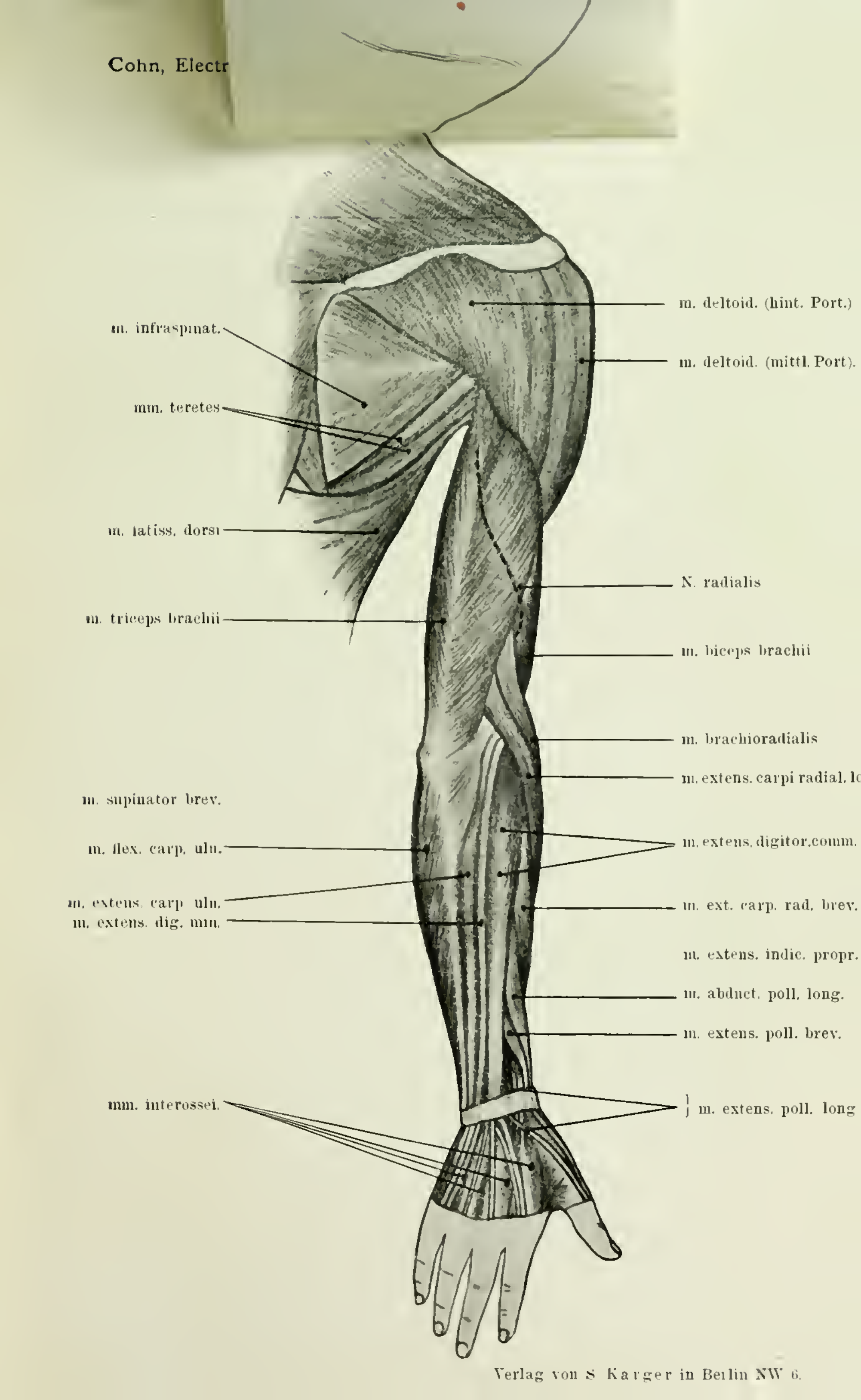
*) Der Radialis ist auch ganz oben im hintersten Theile der Achselhöhle zu reizen.

Fig. 14

m. infraspinat.
mm. teretes
m. latiss. dorsi
m. triceps brachii
m. supinator brev.
m. flex. carp. uln.
m. extens. carp. uln.
m. extens. dig. min.
mm. interossei.

m. deltoid. (hint. Port.)
m. deltoid. (mittl. Port).
N. radialis
m. biceps brachii
m. brachioradialis
m. extens. carpi radial. lo
m. extens. digitor. comm.
m. ext. carp. rad. brev.
m. extens. indic. propr.
m. abduct. poll. long.
m. extens. poll. brev.
m. extens. poll. long

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

des tiefen Fingerbeugers. Man sieht also: eine Ulnarwärtsbeugung des Handgelenks, eine vollkommene Beugung der zwei oder drei letzten Finger (die Beugung der zweiten und dritten Mittelfinger-phalanx ist meist nicht vollständig), eine Adduction des Zeigefingers an den Mittelfinger und des Daumens an den Zeigefinger; dabei steht der Daumen gestreckt, ebenso meist die beiden letzten Zeigefinger-phalangen. Die Stellung bei Ulnarisreizung, die meist typisch ist, ist namentlich an der Haltung des Daumens und Zeigefingers zu erkennen und von anderen Reizeffekten zu unterscheiden.

2) Der untere Theil des Nerven ist dicht über dem Handgelenk an dessen ulnarer Seite zu erregen. Man erhält von dort nur die Adductor-pollicis- und die Interosseus-Wirkung: Adduction aller Finger an einander, Beugung ihrer ersten, Streckung ihrer letzten Phalangen.

N. musculocutaneus; am obersten Theil des Oberarmes, innen vom inneren Rande des m. deltoïdeus, ist gelegentlich der Nervenstamm selbst zu reizen; viel leichter der von ihm versorgte Biceps intramusculär (der Nerv versorgt auch den Brachialis internus).

N. medianus. Man reizt ihn 1) in der Mitte der Ellenbogenbeuge, meist direkt aussen und neben der Bicepssehne. Auch im ganzen Sulcus bicipitalis internus kann man ihn reizen, dort ist aber seine Wirkung oft unrein, (nämlich Ulnaris- und Musculo-cutaneus-Wirkungen dabei). Der Reizeffekt besteht in einer Contraktion der sämmtlichen Hand- und Finger-Beuger, der Pronatoren und der Muskeln des Daumenballens: kräftige, oft mit einem Ruck eintretende Hand- und Fingerbeugung, vollkommene Pronation des Vorderarms und Opposition des Daumens. Man wende leichten Druck der Elektrode an und halte den Arm des Patienten im Ellenbogen gebeugt, mit der Palma nach oben sehend. Die sehr starke, bei Treffen des Nervenpunktes eintretende Pronation lässt oft die Contraktion der Daumenballenmuskeln nicht erkennen; man muss dieselbe aber dann sehen, wenn man die Pronation durch Widerstand verhindert.

2) Im ganzen Verlaufe in der Mitte der Vorderarm-Beugeseite ist der N. medianus zu erregen, am besten direkt über der Mitte des Handgelenks zwischen den beiden dort vorspringenden Sehnen des M. flexor carpi radialis und des M. palmaris longus, oder auch am ulnaren Rande der letzteren Sehne. Wirkung: Opposition des Daumens (event. Contraction der Lumbricales).

Die Muskeln des Daumenballens, insbesondere M. opponens und äussere Portion des Flexor brevis pollicis und Abductor pollicis auf dem Ballen nahe der Handwurzel bei schlaffer Haltung leicht zu erregen. Opposition des Daumens, Beugung des Daumen-Metacarpusknochens.

Der M. abductor pollicis brevis, erregbar nahe dem radialen

Rande des Daumenballens, proximal, d. h. näher dem Handgelenk als dem Metacarpo-Phalangealgelenk, ist auch zu isoliren, ebenso der

M. adductor pollicis, entweder mit dem 1. Interosseus gemeinsam erregbar (s. unten) oder auch oft in der Handfläche, ulnarwärts vom Daumenballen, etwa über der Mitte des Zeigefinger-Metacarpus. Diese beiden Muskeln bewirken, gemeinsam mit der inneren Portion des Flexor brevis, Beugung der ersten, Streckung der zweiten Daumenphalanx und Ab- resp. Adduktion.

Mm. interossei und lumbricales, gemeinsam geprüft; sehr wichtige Muskeln. Die erregbarsten Punkte liegen an der Dorsalseite der Hand, ziemlich weit proximal (schulterwärts) in den Interosseal-Räumen. Man braucht die Elektrode nicht aufzudrücken, um sie zu erregen; muss aber darauf achten, dass sie schlaff sind. Die geprüfte Hand hänge mit der Palma nach unten über eine Unterlage, oder der Arzt stütze sie mit seiner eigenen Hand leicht am Carpus oder lasse sie mit der Palma auf seinen Fingern aufruhen, während die Finger des Patienten lose, am besten leicht von einander getrennt herunterhängen. Reizung jedes Interosseus bewirkt: 1) Näherung der beiden Finger, zwischen denen er liegt, 2) Beugung ihrer ersten Phalanx und Streckung ihrer beiden letzten Phalangen.*) Bei Anwendung starker Ströme, (die z. B. bei atrophischen Zuständen nothwendig ist, um Erloschensein der Erregbarkeit ausschliessen zu können), täuschen leicht Stromschleifen auf die langen Fingerbeuger oder -Strecker eine Interosseus-Wirkung vor. Der Anfänger hüte sich davor und achte immer darauf, ob auch wirklich die erste Phalanx gebeugt und die beiden letzten gestreckt werden.

Die Muskeln des Kleinfingerballens (Mm. opponens, flexor, abductor digiti minimi) werden an der Wurzel des hypothenar erregt. Sie rufen die im Namen ausgedrückten Wirkungen hervor und sind nicht immer isolirbar.

Um die Muskeln an der Streckseite des Vorderarmes zu prüfen, beuge man den Ellenbogen des Patienten und stelle die Hand desselben in leichte Pronation. Man reizt dann den

M. brachioradialis (supinator longus) am radialen Übergang von der Streck- auf die Beugeseite des Antibrachiums, etwa auf der Höhe seines Muskelwulstes. Diesen Muskelwulst sieht man sofort scharf vorspringen, wenn man den Patienten auffordert, den Ellenbogen in der Mitte zwischen Pronations- und Supinationsstellung zu beugen, und dieser Beugung Widerstand leistet. Die Wirkung der elektrischen Reizung ist Beugung im Ellbogengelenk und eine leichte

*) Da bei Lähmung der Interossei (Ulnaris-Lähmung) die Antagonisten überwiegen, tritt Überstreckung der ersten und Beugung der letzten Phalangen (Klauenhand) ein.

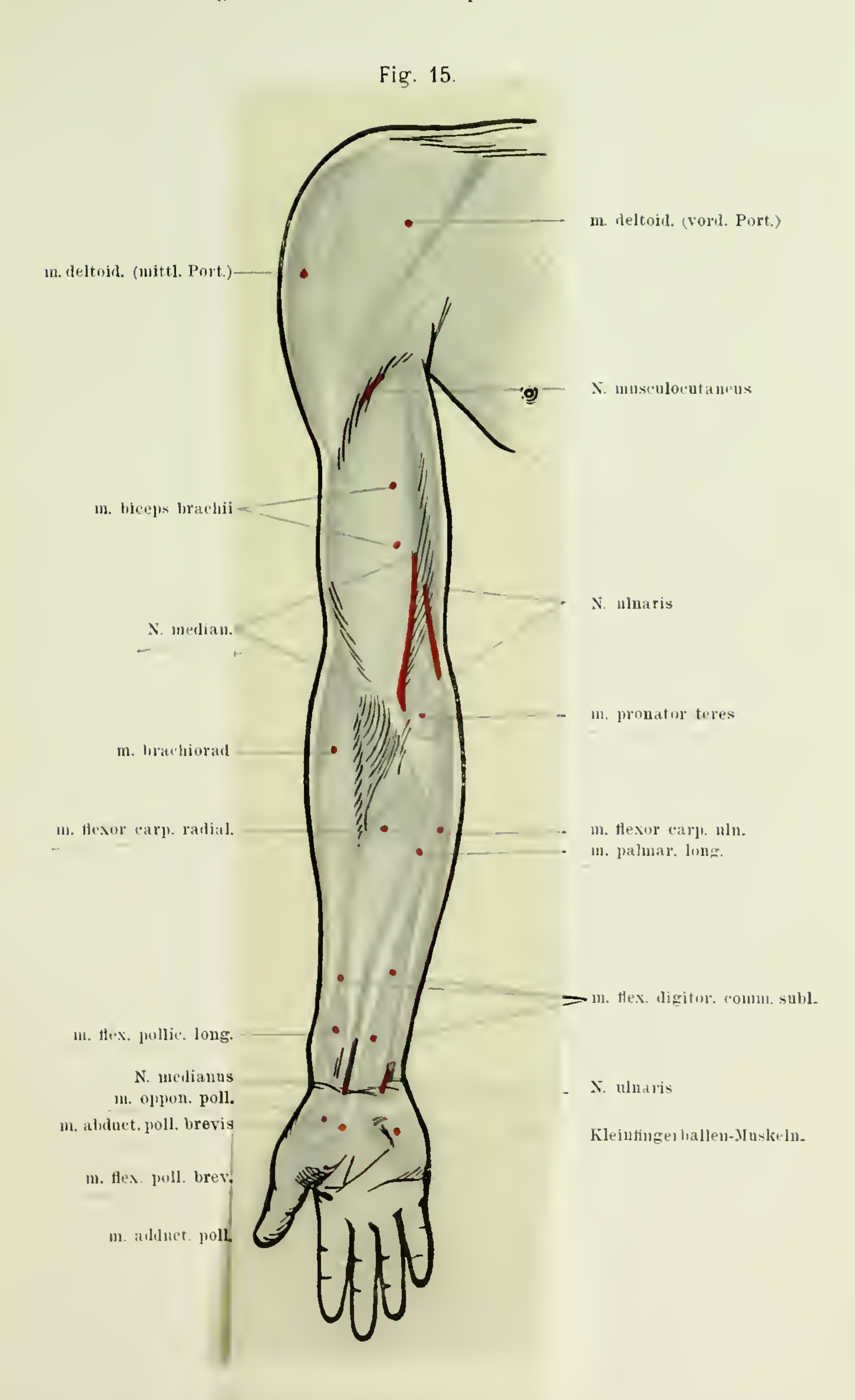
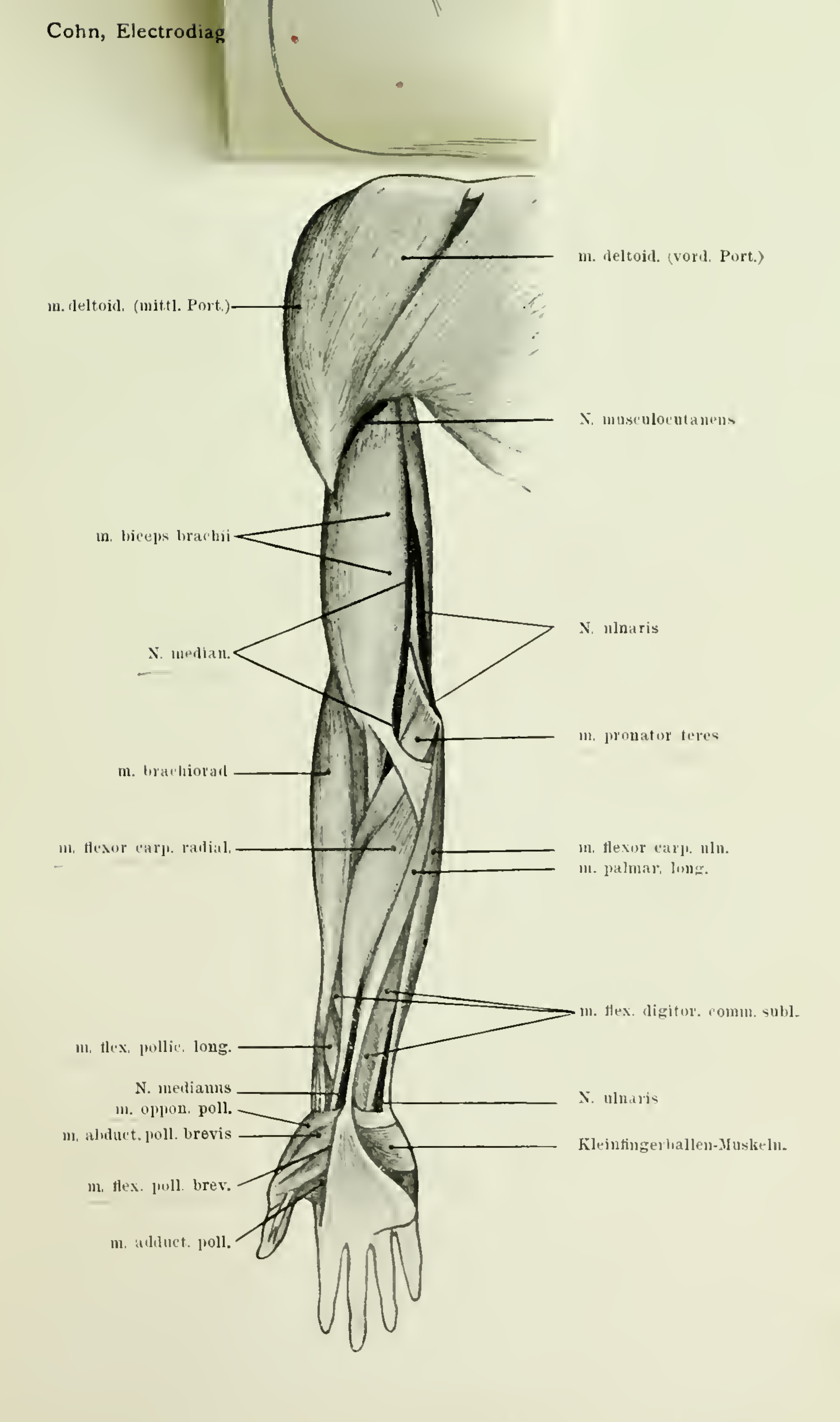



Fig. 15.

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

Pronation der Hand (der Name Supinator longus ist falsch). Um die Pronation besser zu sehen, gebe man der Hand des Patienten eine leicht supinirte Stellung.

M. supinator brevis, ulnarwärts vom vorigen, etwa am Condylus externus humeri oder etwas distal davon. Er macht scharfe Supination. Es ist bei diesem, gewöhnlich schwer erregbaren Muskel, der von anderen Muskeln gewöhnlich bedeckt wird, ganz besonders häufig zu beobachten, dass er bei vielen Personen nur auf einen der beiden faradischen Pole (bald die An, bald die Ka) reagirt, während man bei Anwendung des anderen Poles von derselben Stelle aus einen anderen Muskel, z. B. einen der Handgelenkstrecker erhält.

Zwischen den beiden letztgenannten Muskeln, näher dem erregbarsten Punkte des Brachioradialis liegt der Punkt des

M. extensor carpi radialis longus, sehr weit proximal am Vorderarm; er streckt das Handgelenk und bewegt es gleichzeitig radialwärts.

Sein Gegenstück ist am ulnaren Rande der

M. extensor carpi ulnaris, ziemlich nahe dem Ulna-Rande, etwa 3 Fingerbreiten distal vom Olecranon; er streckt das Handgelenk ebenfalls, bewegt es aber ulnarwärts.

Der Punkt des dritten Handgelenkstreckers, der das Handgelenk ziemlich gerade nach aufwärts streckt, des

M. extensor carpi radialis brevis, liegt zwischen den beiden letzten, dem des radialen Streckers etwas näher und ein wenig mehr distal als er. Er ist nicht immer vom M. extensor digitorum communis getrennt zu erregen.

M. extensor digitorum communis, etwa handbreit unterm Ellenbogengelenk, am Ende des oberen Vorderarm-Drittels, streckt die ersten Phalangen der Finger, und übt auf das Handgelenk eine extendirende Wirkung aus. — Seine zu den einzelnen Fingern gehenden Theile können meist isolirt gereizt werden. Bei seiner Entartung, z. B. bei Bleilähmung oder Radialis-Schlaflähmung, werden von diesem Punkte durch Stromschleifen die Finger beuger erregt. — Besonders ist noch zu erwähnen der mit ihm nicht zusammenhängende u. meistens verdeckt liegende

M. indicator (oder extensor indicis proprius), meist etwas radial von der Mitte der Vorderarmstreckseite reizbar (streckt den Zeigefinger kräftig), und der

M. extensor digiti minimi proprius, nach aussen von ihm: streckt den kleinen Finger und abducirt ihn ein wenig.

Die Daumenstrecker (Extensor pollicis longus und brevis) und der Abductor pollicis longus, gemeinsam erregbar nahe dem radialen Rande der Streckseite, etwa 4 Fingerbreiten über dem (d. h.

proximal vom) Handgelenk. Ein zweiter Punkt liegt oft eine Strecke ulnarwärts und etwas ellenbogenwärts von dem ersten. Diese Muskeln, von denen der Extensor brevis und der Abductor longus die sog. „Tabatière“ radialwärts, der Extensor longus ulnarwärts begrenzen, bewegen den Daumen in folgender Weise:

Der Extensor pollicis longus extendirt den Daumen und den ersten Metacarpalknochen und führt ihn zum zweiten hin.

Der Extensor brevis abducirt den ersten Metacarpus und streckt die erste Daumenphalaux (bei gebeugter zweiter).

Der Abductor longus bewegt (bei leicht gebeugten Daumenphalangen) den ersten Metacarpus nach vorn und aussen. Sie sind oft schwer zu isoliren.

An der Beugeseite des Vorderarmes reizt man die Muskeln, indem man den im Ellbogen gebeugten Arm in fast völlige Supination stellt. Am meisten uluar liegt die vom Condylus internus und in dessen Nähe entspringende Handbeuger- und Pronatorengruppe:

der Flexor carpi ulnaris, am weitesten ulnarwärts dicht an der Grenze der Beuge- und Streckseite, etwa handbreit oder noch weiter distal vom Ellenbogengelenk. Beugt die Hand ulnarwärts. Pronirt nicht.

Radial und ellenbogenwärts von ihm der M. palmaris longus, beugt die Hand ziemlich gerade schwach nach oben. Seine Sehne springt scharf an der Mitte der Handbeuge hervor, wenn man ihn isolirt hat. Oft ist er schwer zu trennen vom

M. flexor carpi radialis, dessen Punkt noch ein wenig mehr radial- und ellenbogenwärts liegt. Er beugt das Handgelenk und dessen radiale Seite stärker als die ulnare, dabei pronirt er auch. Seine Sehne springt ebenfalls in der Handbeuge vor und zwar radialwärts von der des Palmaris longus. Zwischen diesen beiden Sehnen ist oft nur ein kleiner Zwischenraum.

Zusammen mit diesen drei Handgelenkbeugern, welche drei Handgelenkstreckern an der Extensorenseite entsprechen, liegt — und zwar am meisten radial — der erregbarste Punkt des

M. pronator teres, ziemlich in der Mitte zwischen Radial- und Ulnarrand der Beugeseite, aber meistens dem Ulnarrand noch etwas näher und nur zwei bis drei Fingerbreiten unter der Ellenbogenbeuge. Die Lage dieses Punktes zeigt bei verschiedenen Personen ganz besonders oft Verschiedenheiten. Dieser Muskel pronirt scharf und bis zur äussersten Grenze, ohne das Handgelenk oder die Finger zu bewegen. Dadurch kann man seine Wirkung besonders von der des oft nahe gelegenen N. medianus unterscheiden, von dem aus übrigens auch eine Reizung der Daumenballenmuskeln zu erfolgen pflegt.

Ausser diesen Muskeln, die zu isoliren und in ihrer Wirkung zu erkennen für den Anfänger oft keine leichte Aufgabe ist, sind an der Vorderarmbeugeseite zu merken:

M. flexor pollicis longus, im unteren Drittel dieser Seite ganz dicht am Radialrande. Macht Beugung der Endphalanx des Daumens.

Die Mm. flexores digitorum sublimis und profundus, von denen der erstere die zweiten, der letztere die dritten Fingerphalangen beugt, sind zerstreut an mehreren Punkten im mittleren und unteren Vorderarmdrittel zu treffen, besonders oft der sublimis. Die Beuger des Zeigefingers speciell findet man häufig, wenn man die Elektrode mit einem gewissen Druck zwischen die am Hangelenk vorspringenden Sehnen des Pronator teres und Flexor carpi radialis setzt, etwa zwei Finger breit über dem Gelenk.

Am Oberarm erregt man den M. biceps in passiver, leichter Beugestellung des Ellbogens und schwacher Pronation der Hand; sein erregbarster Punkt liegt meist auf der Höhe seines Muskelwulstes oder nach innen und oben davon. Es ist ein sehr erregbarer Muskel, dessen Wirkung kräftige Ellbogenbeugung und eine leicht sichtbare Vorderarmsupination ist; also gewissermassen ein Mitwirker und theilweise Antagonist des Brachioradialis, der den Ellbogen beugt und den Vorderarm pronirt. Der dritte Ellbogenbeuger, der

M. brachialis internus, der den Ellbogen gerade aufwärts beugt, ist bei intaktem Biceps oft nicht zu isoliren, weil entweder dieser oder die Nervenstämme im Sulcus bicipitalis internus auf die Reizung antworten. Sein Punkt liegt unter (hinter) dem Biceps, etwa im unteren Oberarmdrittel innen. Diesen drei Ellbogenbeugern entspricht ein dreitheiliger Ellbogenstrecker, der

M. triceps. Sein Punkt liegt etwa handbreit über dem Olecranon, also etwa an der Grenze seines unteren und mittleren Drittels. Seine drei capita, caput longum, c. internum, c. externum, sind weiter oben auch getrennt zu reizen. — Man sieht die Triceps-Wirkung am besten, wenn der Ellbogen schon in halber passiver Streckung steht.

Der M. deltoideus wird wiederum in drei Portionen erregt, 1) vordere Portion, unweit unterhalb des Acromion, nahe dem innersten Rande des Muskelwulstes. Er ist gut erregbar und hebt den Humerus nach vorn. -- 2) mittlere Portion, lateral vom vorigen, gerade über dem Ansatzpunkt etwa in der Mitte des Muskelwulstes. Hebt den Humerus mässig kräftig nach der Seite. — 3) hintere Portion, wiederum etwas weiter oben und hinten vom vorigen. Hebt den Humerus schwach nach hinten. Die beiden letzten Portionen sind viel weniger erregbar als die erste.

## Die Muskeln des Rumpfes.

(s. Fig. 16 auf der Tafel.)

Die Muskeln des Rumpfes.

Die Rumpfmuskeln, sind bis auf wenige Ausnahmen schwer erregbar; man braucht starke faradische Ströme, um deutliche Wirkungen zu sehen. Da aber einige von ihnen, z. B. die Schulterblattmuskeln, grosse praktische Bedeutung haben, so lohnt es sich für den Praktiker wohl, sich um das Aufsuchen dieser Punkte zu bemühen.

M. cucullaris oder trapezius. Man kann drei Portionen unterscheiden: 1) die obere Portion, am besten von vorn her am oberen Rande der Supraclaviculargrube, oberhalb des Accessorius-Punktes erregbar oder auch von der Hinterseite am alleroberstcn Theile des Muskels. Wirkung: vorwiegend Neigung des Hinterkopfes nach der gereizten Seite mit Hebung des Kinns nach der entgegengesetzten; nur geringfügige Wirkung auf die Schulter. Diese Muskelportion gehört zu den am leichtesten erregbaren Punkten des Körpers. 2) Die mittlere Portion, etwa im Höhenniveau der Spina scapulae — oder auch mehr oberhalb — etwa in der Mitte zwischen innerem Schulterblattrand und Wirbelsäule. Wirkung: kräftige Hebung der Schulter. 3) Untere Portion, einige Finger breit unterhalb des vorigen Punktes erregbar. Wirkung: Adduktion des Schulterblattes an die Wirbelsäule. Die zweite und dritte Portion des Muskels sind oft nur bei stärkeren Strömen zu reizen.

M. latissimus dorsi (s. Fig. 14 u. 16) am besten bei herabhängendem Arm innen vom unteren Skapulawinkel an der Stelle zu reizen, wo der Muskelwulst, nach der Achselhöhe zu ziehend, die seitliche Thoraxwand erreicht. Er adducirt den herabhängenden Humerus an den Thorax und zieht ihn nach hinten.

M. supraspinatus, nahe dem äussersten Winkel der Fossa supraspinata, nur dann erregbar, wenn der Cucullaris atrophisch ist.

M. infraspinatus (s. Fig. 14) im Gegensatz zum vorigen bei den meisten Personen mit mittleren Strömen erregbar; etwa in der Mitte der Fossa infraspinata. Er ist ein kräftiger Auswärtsroller des Humerus und unterstützt somit die Supinationsbewegung der oberen Extremität. Bei frei herabhängendem Arm und leicht gebeugtem und unterstütztem Vorderarm kann man die Wirkung durch elektrische Reizung schön demonstriren.

Mm. rhomboidei, der direkten elektrischen Reizung bei intaktem Cucullaris nicht zugänglich (indirekte Reizung s. oben S. 36). Sie ziehen die Scapula schräg von unten-aussen nach oben-innen an die Wirbelsäule, indem sie den unteren Winkel des Schulterblatts heben.

Mm. teretes, gelegentlich lokaler Reizuug zugänglich (s. Fig 14.) — M. subscapularis nicht erregbar, ebensowenig gewöhnlich der Serratus posticus.

Fig. 16.

m. latiss. dors.

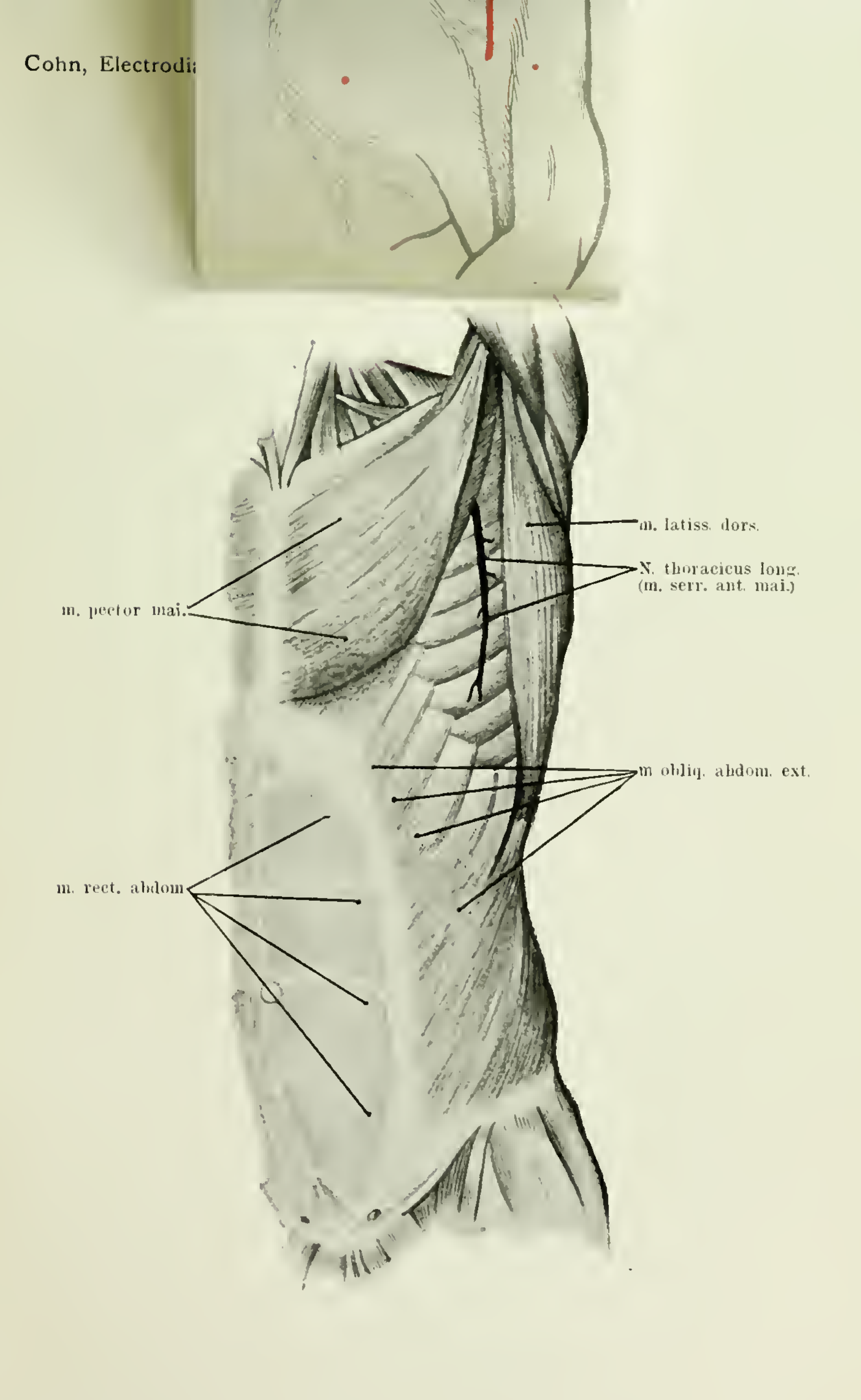
N. thoracicus long.
(m. serr. ant. mai.)

m. pector mai.

m obliq. abdom. ext.

m. rect. abdom

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

M. erector trunci, mit starken Strömen zwischen letzter Rippe und oberem Darmbeinrand oft erregbar. Wirkung: Neigung der Wirbelsäule nach der gereizten Seite. —

M. serratus anticus maior, dessen indirekte Reizung von der Oberschlüsselbeingrube schon oben (S. 36.) erwähnt ist, ist oft in der Achselhöhle in einer dem Nervenverlauf entsprechenden, etwa den Höhlenwinkel halbirenden Linie erregbar. Wirkung: Vorspringen seiner Zacken, Andrücken der Scapula an den Thorax, stossartige Hebung der Scapula und Bewegung derselben nach aussen-vorn.

M. pectoralis major (indirekte Erregung vom N. thoracicus ant. s. S. 36), direkt an mehreren Stellen der vorderen Brustwand reizbar, näher seinem Ursprung (an der Clavicula, am Sternum und im Rücken) als seiner Insertion. Wirkung: Adduktion des Humerus an den Thorax.

Mm. intercostales, am oberen Rande der Intercostalräume mit einer Elektrode von sehr kleinem Querschnitt zu reizen; elektrische Erregung praktisch unwichtig.

M. rectus abdominis, am Aussenrande seines Muskelbauches, also etwa 3—4 Querfinger lateral von der Medianlinie; besonders erregbar ist meist ein Punkt unweit der Stelle, wo der Muskelaussenrand den Rippenbogen erreicht. Wirkung der Reizung: Einziehung des Bauchs auf der gereizten Seite.

M. obliquus abdominis externus weiter nach aussen vom letztgenannten Punkte am Rippenbogen, unwichtig. Wirkung der Reizung: Verziehung des Nabels nach der gereizten Stelle zu.

M. ileopsoas ist elektrisch nicht zu reizen.

## Die Nerven und Muskeln der unteren Extremität.

(s. Fig. 17—20 auf den Tafeln.)

Die Nerve und Muske der untere Extremitä

An der unteren Extremität ist das Aufsuchen der erregbarsten Punkte insofern schwieriger als an der oberen, als häufig eine viel dickere Schicht (Haut, Bindegewebe, besonders Fett) zwischen Elektrode und Nerv oder Muskel sich befindet, so dass bei der Neigung des elektrischen Stromes zur Schleifenbildung ein grosser Theil des Stromes in dem gut leitenden Zwischengewebe bereits verloren geht, ehe ein Bruchtheil den Muskel oder Nerven erreicht. Es bedarf deshalb, namentlich am Oberschenkel, häufig grosser Stromstärken, um sichtbare Wirkung zu erzielen, und einige sehr tiefliegende Punkte sind bei vielen Individuen überhaupt nicht zu treffen.

Über die Stellung, die man dem zu untersuchenden Bein giebt, um schlaffe Muskeln vor sich zu haben, s. oben S. 30. Am bequemsten ist es, wenn man beim Apparat ein Sopha, einen Divan oder dergl. hat, auf welchem der Patient während der Untersuchung der Bein-

vorderseite in Rückenlage, der Beinhinterseite in Bauchlage, liegt. — Von Nervenpunkten sind zu nennen:

N. cruralis, am Ende des inneren Drittels des Poupart'schen Bandes sehr tief liegend, daher oft nicht oder nur schwer, mit kräftigem Druck der Elektrode nach oben und hinten, erregbar. Wirkung: Contraktion des M. quadriceps femoris und des M. sartorius (starke Streckung des Beins im Knie).

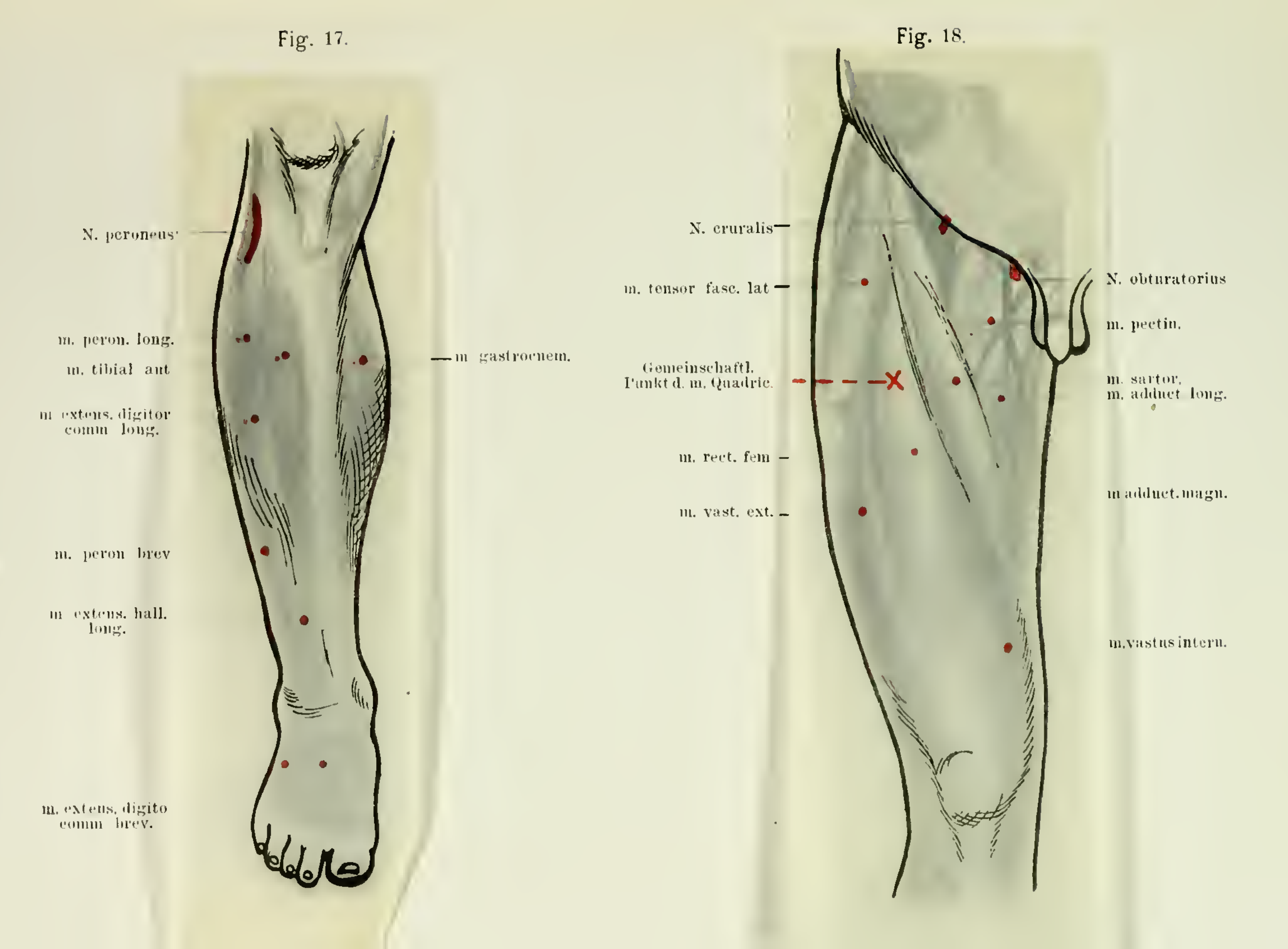
N. obturatorius, noch schwieriger als der vorige innen dicht neben der Symphyse zu reizen, mit stark aufgedrückter Elektrode und kräftigen Strömen; Wirkung: Contraktion der Adduktoren.

N. ischiadicus, an der Hinterseite des Oberschenkels, gewöhnlich nur bei mageren Personen mit starken Strömen und tiefem Elektrodendruck erhältlich. Wenn man von der Mitte zwischen Tuber ossis ischii und Trochanter major zur Mitte der Kniekehle eine Linie gezogen denkt, so ist der Nerv, wenn überhaupt, an einer Stelle dieser Linie (häufiger in ihrem unteren Theile) zu treffen. Wirkung: Beugung des Unterschenkels und Dorsal- resp. Plantarflexion des Fusses. Unterschenkelbeugung allein könnte auch durch direkte Reizung der benachbarten Muskeln hervorgerufen sein.

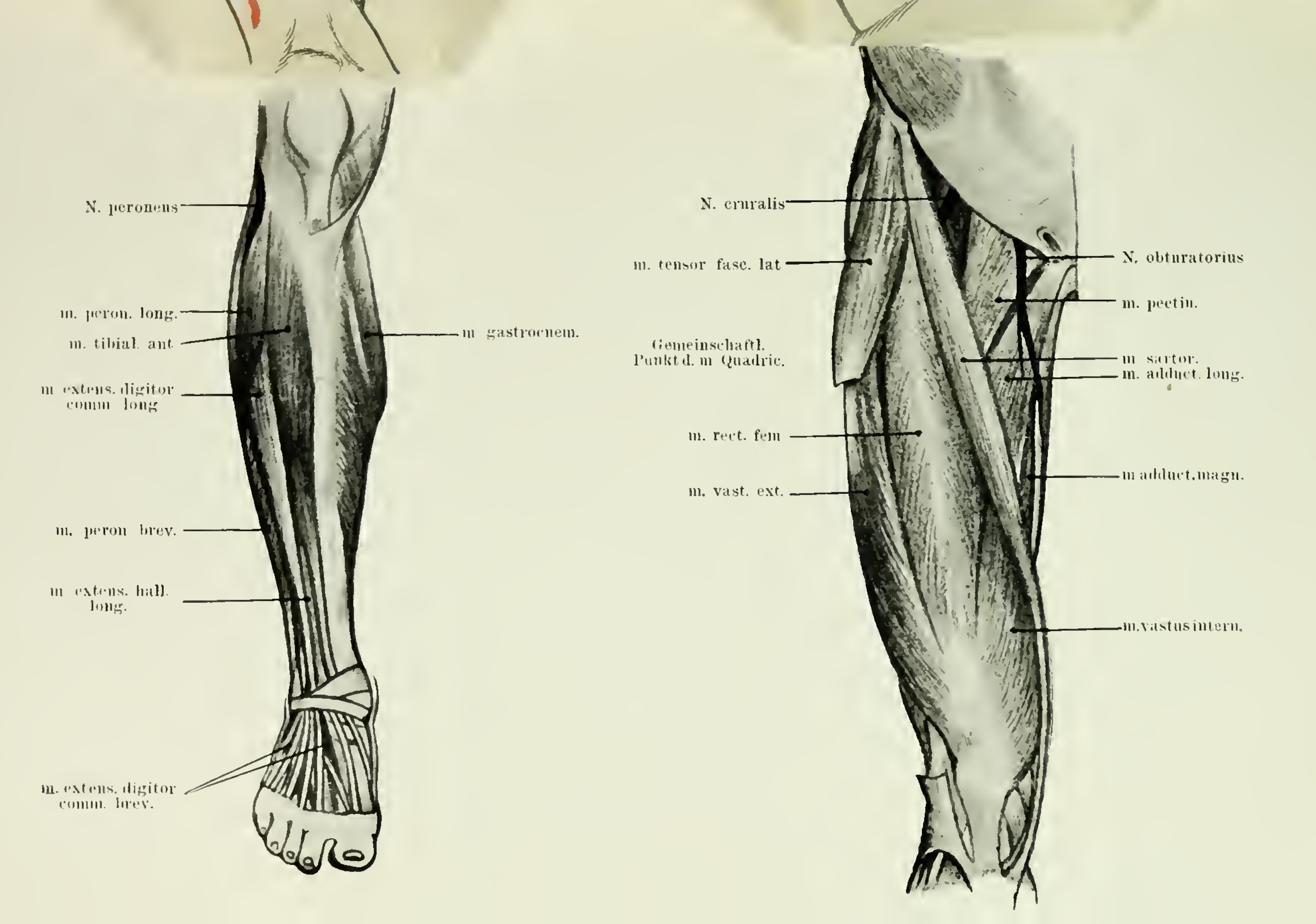
Die Äste des Ischiadicus sind viel erregbarer als der Stamm, besonders leicht reizt man den

N. peroneus, im äusseren Winkel der Kniekehle, indem man die Elektrode (bei Rückenlage des Patienten eventuell und) bei leicht gebeugtem Knie dicht am Innenrande der Sehne des M. biceps femoris aufsetzt und den Druck in der Richtung unter die Sehne zu führt. Auch von da nach unten bis zum Capitulum fibulae und noch etwas abwärts kann man diesen sehr erregbaren Nervenpunkt finden. Die Wirkung ist eine brüske Dorsalflexion des Fusses in ziemlich gerader Richtung mit Vorspringen der Muskelbäuche und Sehnen an der Vorderaussenseite des Unterschenkels und dem Dorsum pedis (Mm. peronei longus und brevis, Mm. extensores digitorum communes longus und brevis, tibialis anticus, extensor hallucis longus.)

N. tibialis: 1) In der Mitte der Kniekehle oder ein wenig darüber leicht, wenn auch nicht so leicht wie der vorige, zu erregen. Wirkung: Contraktion der Muskeln an der Hinterseite des Unterschenkels und der Planta pedis: Kräftige Plantarflexion, Beugung der Zehen. Man achte auf die Runzelung der Fusssohlenhaut, die die Reizung dieses Nerven gewöhnlich begleitet. Wenn sie nicht da ist, überzeuge man sich, ob die gesehene Wirkung nicht auf direkte Muskelreizung des Triceps surae zurückzuführen ist. 2) Ein Punkt, von dem man oft eine alleinige Wirkung der Fusssohlenmuskulatur erhält, liegt unweit des Malleollus internus, nach aussen von der Achillessehne.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

Die Muskeln der unteren Extremität, die zu erwähnen sind, sind folgende: an der Vorderseite:

M. quadriceps femoris. Gemeinsame Reizung seiner Köpfe, meist oben an der Aussenseite des Oberschenkels, etwa am Ende des oberen Drittels des Femur: Streckung des Knies, Bewegung der Patella gerade aufwärts. Gut erregbar. Einzelreizung des

M. vastus internus, etwa handbreit über der Patella, also ziemlich weit unten, an der Innenseite des Muskelwulstes, sehr leicht erregbar Wirkung: Bewegung der Patella nach oben und innen;

des M. vastus externus, an der Aussenseite des Muskelwulstes, aber in einem höheren Niveau als der vorige; gewöhnlich nicht so leicht wie dieser erregbar. Wirkung: Bewegung der Patella nach oben-aussen.

Auch der M. rectus femoris kann ein wenig unterhalb des gemeinsamen Punktes isolirt werden.

M. sartorius, etwa im oberen Drittel oder in der Mitte seines Muskelbauches isolirt zu reizen. Bei einigermassen starken Strömen wird durch Mitcontraktion des Quadriceps die Isolation vereitelt. Wirkung der elektrischen Reizung: Vorspringen des Muskelbauches; ein lokomotorischer Effekt ist gewöhnlich nicht zu erzielen.

Mm. adductores, in dem grossen, vom Sartorius und der Leistenbeuge begrenzten Adduktorendreieck an verschiedenen Punkten. Adducieren kräftig. Es ist nicht leicht, aber auch nicht wichtig, sie zu isoliren.

M. tensor fasciae latae, am Aussenrande des Oberschenkels hoch oben, unweit unterhalb der crista ossis ilei. Bei starken Strömen sieht man von dort aus mitunter schwache Innenrotation des Beins.

M. tibialis anticus, am Unterschenkel, aussen dicht neben der Tibia-Kante, etwa zwei bis drei Finger breit unterhalb der Kniescheibe. Wirkung: Hebung des inneren Fussrandes. Man sieht bei nicht zu starkem Fettpolster den Muskelbauch und die Ansatzsehne am äusseren Tibia-Rande vorspringen. Fast regelmässig und unschwer erregbar.

M. peroneus longus, etwa in demselben Höhenniveau, aber ganz aussen unter dem Capitulum fibulae. Ebenfalls fast regelmässig zu reizen. Wirkung: Senkung des inneren Fussrandes, Herabdrücken des Ballens der grossen Zehe, (letzteres fühlt man gut, wenn man während der elektrischen Reizung mit seiner eigenen Hand den Grosszehenballen des Patienten nach oben drückt.) Eine eigentliche Abduktion macht dieser Muskel nicht.

M. peroneus brevis, kann geradlinig darunter an der Grenze von mittlerem und unterem Drittel des Unterschenkels bei ziemlich starken Strömen nicht selten erregt werden. Macht eine reine, aber schwache Abduktion des Fusses.

M. extensor digitorum communis longus, zwischen Tibialis anticus und peroneus longus etwa in der Mitte, aber weiter distal. etwa handbreit unter der Patella, nicht regelmässig zu isoliren. Macht eine Fussabduction und streckt die Zehen schwach, wobei die gefächerte Sehne am Fussrücken und über dem Gelenk vorspringt.

M. extensor hallucis longus, an wechselnder Stelle oberhalb des Fussgelenks, innen sehr nahe der äusseren Tibia-Kante; ebenfalls nicht regelmässig isolirbar. Wirkung: wie der Name.

M. extensor digitorum communis brevis, auf dem Fussrücken in der Nähe der Fussgelenkbeuge ziemlich weit aussen vor der Fussmittellinie, streckt die Zehen kräftig.

M. abductor digiti minimi; aussen von der kleinen Zehe zu reizen, abducirt diese Zehe. Unwichtig; ebenso die Mm. interossei.

An der Rückseite der unteren Extremität ist zu merken:

M. glutaeus maximus, an mehreren Punkten seines Wulstes ziemlich gut erregbar, häufig am leichtesten im untersten Theil. Wirkung der elektrischen Reizung: Hebung und Adduction der Hinterbacke.

M. glutaeus medius, bei manchen Personen, aber keineswegs regelmässig, etwas oberhalb des vorspringenden Trochanter maior, unterhalb der Crista ossis ilei mit starken Strömen zu reizen, relativ am besten, wenn der Patient stehend sich auf beide Hände und das nicht untersuchte Bein stützt, während das untersuchte schlaff herabhängt. Wenn die Reizung gelingt, sieht man Hüftstreckung und Beinabduktion.

Von den drei Unterschenkelbeugern findet man die

Mm. semitendinosus und semimembranosus, nahe dem Oberschenkelinnenrand, ziemlich in der Mitte des Oberschenkels; den

M. biceps femoris, meistens nur wenig nach aussen davon.

Diese drei Muskeln bedürfen zu ihrer Reizung gewöhnlich starker Ströme. Die Wirkung der Reizung ist in der Regel nur ein Vorspringen ihrer Muskelbäuche und Sehnen, der des Biceps am Aussenrande, derer der Semimuskeln am Innenrande der Kniekehle. Von Unterschenkelbeugung sieht man bei elektrischer Reizung gewöhnlich nichts oder nur sehr wenig.

M. gastrocnemius, an mehreren Punkten unterhalb der Kniekehle, gewöhnlich besser in seinen seitlichen Theilen als in seiner Mitte erregbar. Man sieht, dass er den Fuss plantarflektirt, wobei der Fuss mit den Zehen nach innen gedreht wird.

M. soleus, unterhalb an den vom Gastrocnemius nicht bedeckten Seitentheilen gelegentlich isolirbar.

M. flexor hallucis longus, aussen neben der Achillessehne an deren unterstem Theil, beugt das Endglied der grossen Zehe.

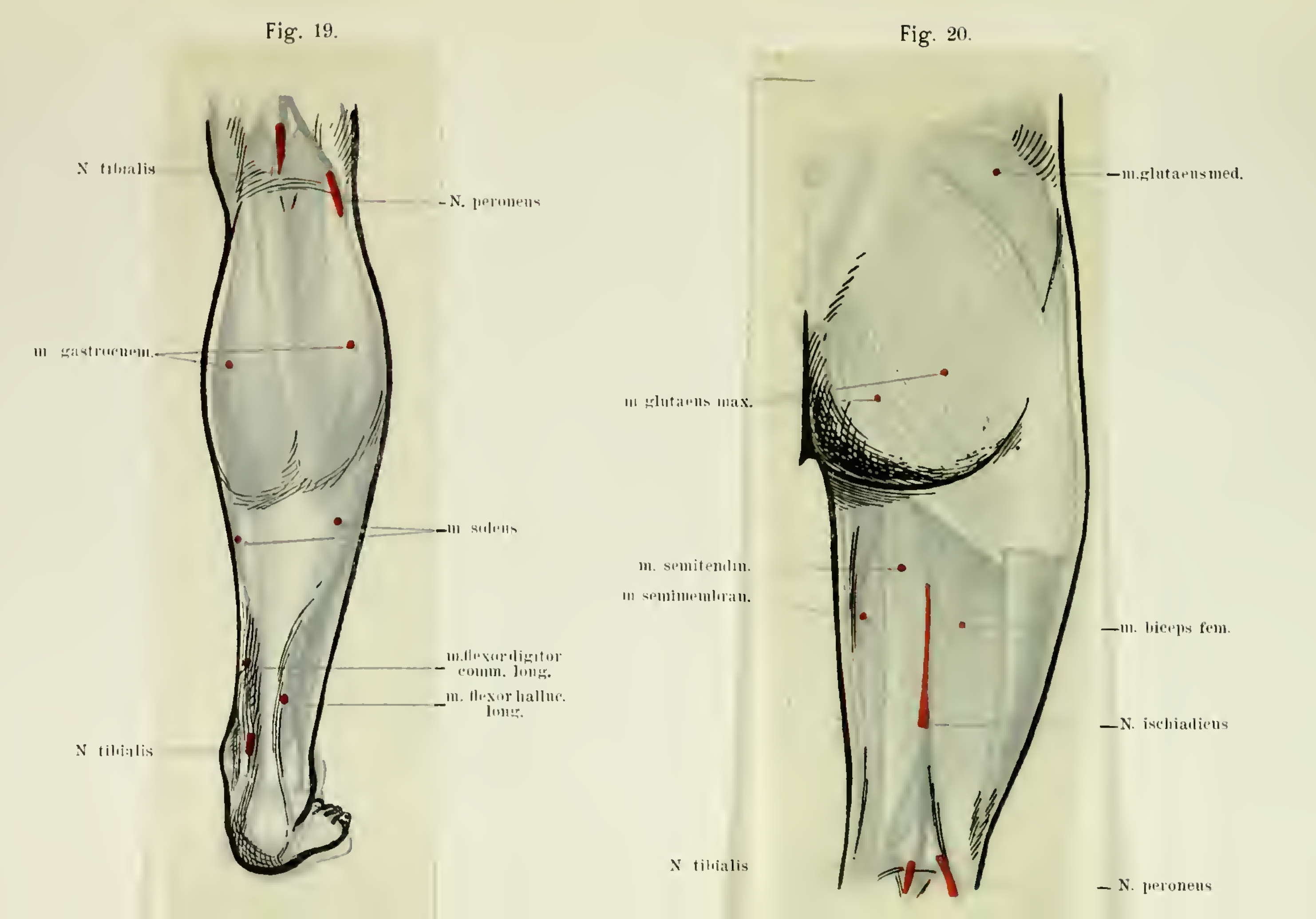
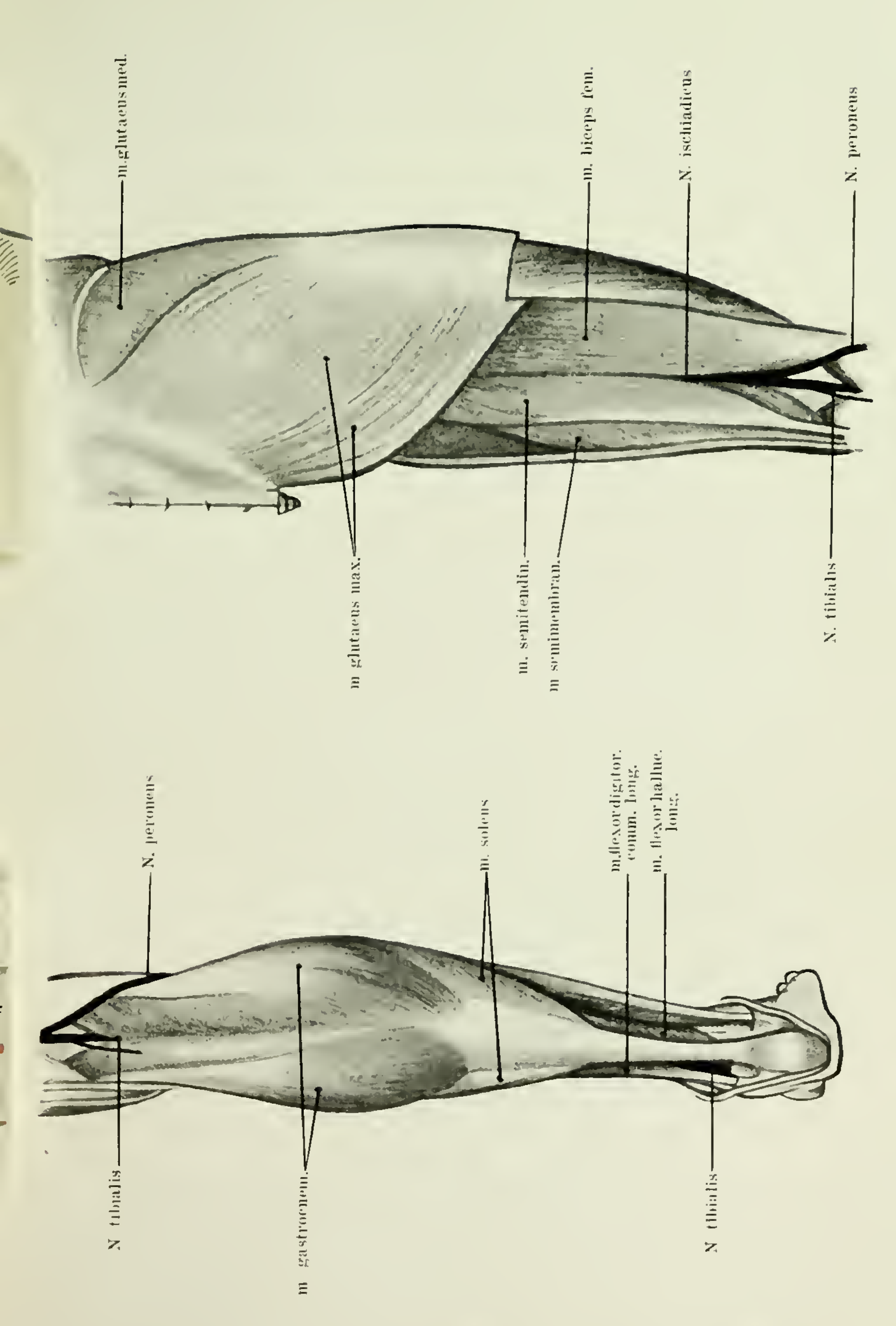



Fig. 19.

Fig. 20.

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.




Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

M. flexor digitorum communis longus, innen dicht beim unteren Tibialis-Punkt neben der Achillessehne, beugt die Zehen.

Die Muskeln der Planta pedis sind nur in den seltensten Fällen und nur mit starken Strömen isolirbar. Da sie auch ein praktisches Interesse wohl nur selten beanspruchen, dürfen sie unerwähnt bleiben.

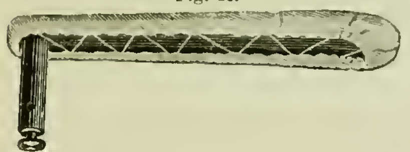
---

Gang der Untersuchung

Der Gang einer elektrischen Untersuchung ist nach dem oben Gesagten der folgende:

Nehmen wir als einfachstes Beispiel die Erkrankung eines einzelnen Muskels einer Körperhälfte, z. B. des linken M. extensor digitorum communis, so beginnt die Untersuchung an der gesunden Körperseite damit, dass man den gesunden, also in unserem Beispiel den rechten Extensor digitorum communis aufsucht: Man setzt also eine indifferente, gut mit nicht zu kaltem Wasser durchtränkte Platten-Elektrode aufs Sternum oder in die Gegend des Os sacrum oder an den Nacken (wozu besondere, zweckmässig construirte Nacken-Elektroden (Fig. 21) verwendet werden können). Diese Elektrode hält der Patient entweder mit der nichtuntersuchten Hand am Sternum fest, oder sie wird im Rockkragen resp. in den die Hüfte umgebenden Kleidungsstücken so befestigt, dass sie der Haut direkt aufliegt. (Man beachte, dass sich nicht etwa Theile der Kleidung dazwischen schieben.) Von Zeit zu Zeit muss man im Laufe längerer Untersuchung nachsehen, ob die Elektrode genügend befeuchtet ist. Es genügt nicht ein blosses einmaliges Eintauchen in Wasser, sondern es ist eine völlige Durchtränkung erforderlich. Auch überzeuge man sich, dass die Elektroden-Schraube das Ende der Leitungsschnur gut fasst, und dass auch das andere Ende der Leitungsschnur fest verschraubt ist. — Sodann wählt man die Reizelektrode, die am besten immer mit einem Unterbrecher versehen ist. Ihr Querschnitt sei zu Untersuchungszwecken gewöhnlich 3 qcm (Normalelektrode nach Stintzing s. S. 31); nur an einigen Punkten, die im oben Besprochenen besonders genannt sind, ist ein kleinerer Querschnitt zweckmässig. Der Querschnitt dieser Elektrode muss notiert werden, also: El.—Q. = 3 qcm. Auch diese Elektrode durchfeuchte man gut und überzeuge sich davon, dass der Unterbrecher gut funktionirt, dass nicht z. B. ein am Contact sitzendes Wassertröpfchen den Betrieb stört, indem es auch bei geöffnetem Unterbrecher einen dauernden Stromschluss herbeiführt, oder dergl.

Fig. 21.



Dann leite man durch die gemeinsamen Polklemmen den faradischen (sekundären) Strom (s. S. 15), indem man 1) Die Kurbel des Wechselapparats auf S rückt, 2) den Rheostaten ganz ausschaltet und 3) auf dem Klötzchen stöpselt, wonach sofort das (durch den Wagner-Neef'sche Hammer hervorgerufene) schnurrende Geräusch beginnt. Der Abstand der sekundären von der primären Rolle sei dabei zunächst maximal, also der Strom minimal Nun setze man die Reizelektrode auf den zu untersuchenden Muskel geöffnet auf, indem man nämlich mit dem Daumen auf dem Unterbrecherhebel die Feder herunterdrückt. Man fasse die Etektrode dabei in die volle Faust, nicht schreibfederartig oder dergl. — Man setze sie zunächst auf den Punkt des Muskels, der vermuthlich oder erfahrungsgemäss (siehe die Tafeln, Fig. 13 bis 20) der erregbarste ist; und indem man mit der freien Hand die sekundäre Rolle langsam über die primäre schiebt und somit den Strom allmählich verstärkt, führe man mit der bewaffneten Hand unter Benutzung des Unterbrechers, nämlich durch rasches Loslassen des Daumens von der Unterbrecherfeder, auf verschiedenen Etappen der Stromstärke Schliessungen aus und überzeuge sich jedesmal, ob der Muskel schon reagirt, d. h. ob eine Zuckung erfolgt. Dass der Muskel entspannt sein muss, ist oben (S. 30.) schon betont worden, wo auch die Wege, um das zu erzielen, angegeben sind.

Anm. Der Pol, dessen man sich zur faradischen Reizung bedient, sei, obwohl es im allgmeinen nicht wichtig ist, darauf zu achten, gewöhnlich die Kathode.

Sobald man eine Zuckung des Muskels sieht, überzeuge man sich zunächst von ihrer Qualität, also davon, ob sie tetanisch ist, ob sie sofort bei Stromschluss mit einem Rucke einsetzt und ebenso bei Stromöffnung sofort mit einem Rucke verschwindet, resp. ob irgend etwas von der Norm Abweichendes zu bemerken ist.

Alsdann suche man — durch kleine Verschiebung der sekundären Spirale nach beiden Richtungen hin — festzustellen, ob die gesehene Zuckung thatsächlich die Minimalzuckung ist, resp. den Stand der Rollen zu finden, bei dem diese minimale, eben sichtbare Zuckung eintritt. Und wenn man das Gesuchte gefunden zu haben glaubt, dann prüfe man, (indem man gleichsam tastend die geöffnete Unterbrecher-Elektrode in der Nachbarschaft des eben gefundenen Punktes an verschiedenen anderen Punkten des Muskelverlaufs aufsetzt und an jedem derselben 1—2 Schliessungen macht) ob man nicht bei der vorher constatirten, anscheinend minimalen Stromstärke an anderen Stellen noch grössere, ausgiebigere Contractionen sieht. Die Stelle, an der dann die Contraction am kräftigsten bei der geringsten Stromstärke auftritt, ist der thatsächlich erregbarste Punkt. Diesen Punkt markirt man

sich, am besten durch Umziehung der aufsitzenden Elektrodenkappe mit einem dermatographischen Stift, oder man halte die Elektrode unverschoben auf dem Punkt, bis die ganze Untersuchung beendet ist. Schon eine geringe Verschiebung oder Beugung kann die Resultate verändern.

Wenn man in der geschilderten Weise dort die Minimalzuckung festgestellt hat, notiere man in der bald zu erwähnenden Tabelle den Rollenabstand (RA), bei dem diese Zuckung gesehen wurde, indem man ihn in Millimetern an der Scala abliest, also z. B.

**M. extensor dig comm. rechts faradisch: 120 mm. RA.**

Dazu notiert man etwaige qualitative Veränderungen. Ist die Qualität normal, so kann das unerwähnt bleiben.

Nunmehr schalte man den faradischen Strom aus und leite an seiner Stelle den constanten Strom von den gemeinschaftlichen Polklemmen ab, indem man die Kurbel des Stromwechslers auf C dreht, den Rheostaten auf 0 stellt, den Stöpsel entfernt und eine beliebige Anzahl von Elementen mittels des Elementenzählers einschaltet*); nunmehr mache man mittels des Stromwenders die Reizelektrode zur Kathode (weil ja im normalen Zustand bei Ka S die ersten Zuckungen sichtbar werden).

Anm. Es ist ratsam, um Irrtümer leichter zu vermeiden, ein für allemal bei verschiedenfarbigen Leitungsschnüren die schwarze an der + Polklemme, die rote an der — Klemme zu befestigen und die Unterbrecherelektrode mit der roten Schnur zu verbinden; dann ist bei normaler Stellung der Stromwenderkurbel (auf N) die Reizelektrode die Kathode.

Dann führe man die Kurbel des Rheostaten in der Uhrzeigerrichtung langsam von Contact zu Contact, wobei man jedesmal an dem Unterbrecher Schliessungen und Öffnungen ausführt, so lange bis man bei einem dieser Reizmomente (normaliter bei der Schliessung) eine deutliche Muskelzuckung sieht. Und nun achte man genau auf den Charakter der Zuckung und sehe scharf zu, ob sie in der That blitzartig ist (s. S. 23) oder nicht. Durch leichtes Vorwärts- und Rückwärtsdrehen der Kurbel überzenge man sich ferner, ob die Zuckung in der That die minimale ist. Ist das nicht der Fall, so führe man die Kurbel zurück bis zu dem Punkt, von dem man eine noch eben sichtbare Contraction erhält, und während man nun an der über dem Muskel sitzenden Elektrode den Unterbrecher geschlossen lässt, löse man jetzt die Galvanometernadel, so dass sie frei schwimmt, und lasse sie ausschwimmen, (was gewöhnlich nach wenigen Sekunden erreicht ist). Man liest dann am Galvanometer die Stromstärke, welche die Nadel anzeigt, ab und notiert sie in der Tabelle; z. B.:

**KaSZ 1,5 MA, blitzartig.**

*) Bei erfahrungsgemäss sehr leicht erregbaren Muskeln oder Nerven wählt man im allgemeinen eine geringere Elementenzahl (5, 10, 15), bei schwerer erregbaren eine grössere.

Darauf **öffne** man den Unterbrecher durch Druck auf den Hebel*), **wende** die Stromrichtung mittels des Stromwenders, — damit hat man die Reizelektrode zur Anode gemacht — **schliesse** jetzt den Unterbrecher wieder und überzeuge sich, (ohne am Stande des Elementenzählers, des Rheostaten, des Galvanometers, kurz, — ohne an der Stromstärke etwas zu ändern), ob bei An S oder An O jetzt schon eine Contraction sichtbar ist. Ist das der Fall, so führe man die Rheostatenkurbel bis zu der Stelle zurück, von welcher aus man eine minimale Zuckung bei An S oder An O sieht und notiere die Anzahl MA, bei der das geschieht. Im andern Falle verstärke man den Strom allmählich, indem man die Kurbel von links nach rechts bis zum Eintritt der Minimalzuckung weiter dreht und notiere diese Stärke; also z. B.:

**An Sz 3 MA; An Oz 3,5 MA.**

Auch hier muss die Form der Zuckung beachtet werden; es kommt vor, dass die An ZZ anderen Charakter zeigen als die Ka ZZ.

Jetzt öffnet man den Unterbrecher wieder, wendet auf die Ka zurück und stellt in derselben Weise die minimale Ka OZ resp. den Ka STe fest. Auch diese Stromstärken notiert man in der Tabelle; z. B.:

**Ka STe 5 MA; Ka OZ 7 MA.**

Damit ist die Untersuchung des Muskels beendet, und man kann nun die Reizelektrode entfernen, nachdem man vorher alle Kurbeln und Hebel am Apparat auf die Nullpunkte resp. Ausgangsstellen zurückgeführt — „ausgeschaltet" — hat**).

Ganz in derselben Weise verfährt man jetzt mit dem symmetrischen Muskel der andern Körperhälfte, wobei man nur berücksichtigen möge, dass symmetrische Muskeln nicht immer auch genau symmetrisch liegende erregbare Punkte haben, sodass es jedesmal notwendig ist, die Untersuchung auch der zweiten Körperhälfte mit dem oben beschriebenen Aufsuchen des erregbarsten Punktes zu beginnen. Auch diese Resultate notiert man in der Tabelle, die dann etwa in folgender Weise aussehen würde:†)

Das Protokoll.

*) ohne die Elektroden zu verschieben notabene. — Durch Wenden bei geschlossenem Strome würde 1) der Hautwiderstand 2) die Muskelerregbarkeit verändert werden, sodass die alsdann erhaltenen Resultate nicht ohne weiteres vergleichbar wären.

**) Die ganze galvanische Untersuchung muss in nicht zu langsamem Tempo vor sich gehen, weil bei längerem Einwirken des galvanischen Stromes durch Widerstands- und Erregbarkeitsveränderung die Exactheit der Resultate beeinträchtigt wird.

†) Es giebt verschiedene Formulare für elektrodiagnostische Tabellen; die hier angeführte erscheint mir als die übersichtlichste.

| El Q = 3 qcm | Rechts farad. | Rechts galvan. | Links farad. | Links galvan. |
|---|---|---|---|---|
| M. ext. dig. comm. | 120 mm RA | KaSZ: 1,5 MA<br>An SZ: 3 MA<br>AnOZ: 3,5 MA<br>Ka STe: 5 MA<br>Ka OZ: 7 MA<br>blitzartig | | |
| M. ext. poll. long. | | | | |

Für praktische Zwecke ist die Untersuchung in dieser Ausführlichkeit oft überflüssig. Man wendet ein „abgekürztes Verfahren" an, das für die grosse Mehrzahl der Fälle völlig ausreicht: die faradische Untersuchung wird in der oben angegebenen Weise gemacht, ebenso auch die Feststellung der Ka SZ Alsdann wird, wie oben, (der Unterbrecher) geöffnet, (der Strom mittels des Stromwenders) gewendet, (der Unterbrecher) geschlossen, und nun sieht man nur nach, ob in der That, wie es normaliter sein soll, die Ka SZ früher als die An ZZ, d. h. ob bei dieser selben eben vorhandenen Stromstärke schon eine An Z (gleichgültig, ob An OZ oder An SZ) auftritt. Ist das der Fall, dann liegt ein nicht normales Verhalten vor, und dann muss man die minimale An Z in oben besprochener Weise feststellen und notieren. Ist das aber nicht der Fall, ist also das Verhalten normal, dann überzeuge man sich durch Vorwärtsdrehen der Rheostatenkurbel ganz im allgemeinen davon, ob überhaupt bei stärkeren Strömen eine An Z auftritt, ohne auf deren minimale Stromstärke Rücksicht zu nehmen. In diesem Falle genügt es zu notieren, z. B.:

Ka SZ 1,5 MA blitzartig, > An Z (d. h. „grösser als An Z").

Das zeigt dann für praktische Zwecke hinreichend, dass die Zuckungsformel in dem vorliegenden Falle keine wesentlichen Abweichungen von der Norm bietet.

Die abgekürzte Tabelle würde also für den oben gedachten Fall lauten:

| El Q = 3 qcm | Rechts far. | Rechts galvan. | Links far. | Links galvan. |
|---|---|---|---|---|
| M. ext. dig. comm. | 120 mm RA | KaSZ: 1,5 MA<br>> An Z<br>blitzartig. | | |
| | | | | |
| | | | | |

Besonderheiten, die während der Untersuchung auffallen, müssen ebenfalls in der Tabelle notiert werden. Darüber weiter unten Näheres.

Durch Vergleichung der beiden Seiten der Tabelle wird man sich dann leicht über etwaige Abweichungen von der Norm orientiren können, vorausgesetzt, dass es sich um halbseitige Affectionen handelt. Bei doppelseitigen wird man die Stintzing'schen Normaltabellen, wie oben auseinandergesetzt, in Anwendung bringen.

In derselben Weise verfährt man auch bei Untersuchung der motorischen Nerven. Dort hat man auch noch darauf zu achten, ob alle von dem betreffenden Nerven versorgten Muskeln auf die Nervenreizung reagiren; event. muss man notieren, welche das nicht thun.

## 4. Capitel.

## Die Veränderungen der Reaction der Muskeln und motorischen Nerven.

Es ist bereits im Beginn des vorigen Kapitels erörtert worden, dass man naturgemäss 3 Arten von Erregbarkeitsveränderungen bei pathologischen Zuständen der Muskeln und motorischen Nerven unterscheiden wird, 1) quantitative (die Erregbarkeit im eigentlichen Sinne, d. h. die Minimalzuckung betreffende) 2) qualitative (die Zuckungsform betreffende) 3) quantitativ-qualitative.

Die rein qualitativen Veränderungen der Erregbarkeit*) sind sehr selten und sollen darum anhangsweise besprochen werden Den Praktiker interessieren im wesentlichen 1) die rein quantitativen Veränderungen, und von diesen wiederum die einfache Herabsetzung der Erregbarkeit, — da auch einfache Erhöhung zu den Seltenheiten gehört — und 2) die quantitativ-qualitativen Veränderungen und zwar besonders die verschiedenen Formen der Entartungsreaction.

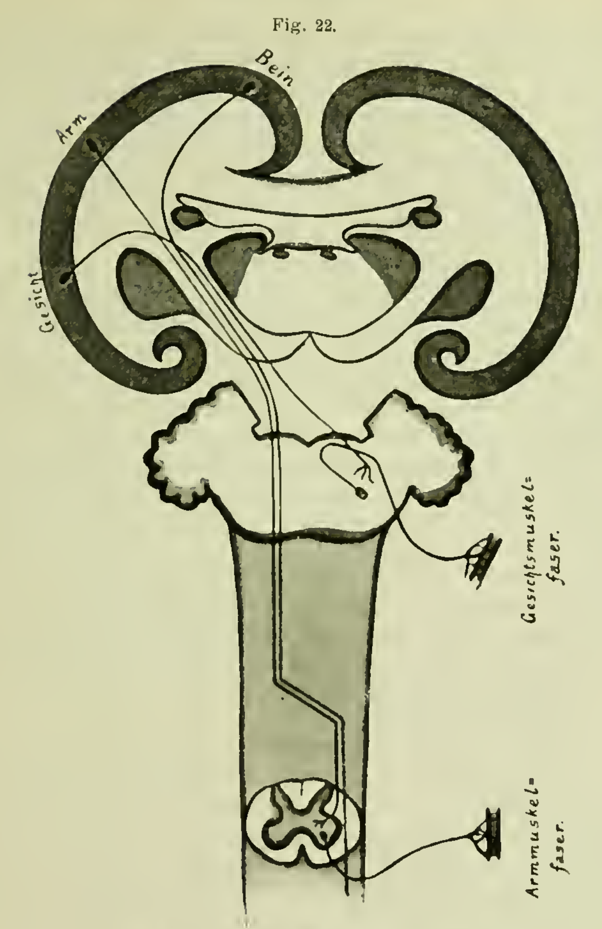
Der motorische Leitungsweg.

Um das Verständnis dieser Veränderungen zu erleichtern, muss in aller Kürze auf einige fundamentale Thatsachen zurückgegriffen werden, welche die Anatomie u. Physiologie der motorischen Leitungsbahnen betreffen.

---

*) Der Ausdruck „qualitative“ Veränderung der „Erregbarkeit“ enthält eine contradictio in adjecto, da die Erregbarkeit ein rein quantitatives Moment darstellt; man kann nur von qualitativer Veränderung der Reaction oder der Zuckung sprechen; da sich aber der Ausdruck eingebürgert hat, will ich ihn im folgenden, um nicht unnötig zu complicieren, beibehalten.

Fig. 22.




**Schema des motorischen Leitungsweges,**
nach den Tafeln von Strümpell-Jacob (von A. Levin gezeichnet).

In der motorischen Region der Grosshirnrinde, den Centralwindungen entsprechend, befinden sich grosse Zellen, Pyramidenzellen genannt. Diese Zellen besitzen Fortsätze u. zwar 1) eine Reihe kurzer Fortsätze, die im allgemeinen rindenwärts liegen, Protoplasmafortsätze oder Dendriten, u. 2) einen einzigen langen Fortsatz, der nach der Peripherie zieht, Axencylinderfortsatz, Nervenfortsatz, Neurit (oder Axon). Dieser letztere zieht durch das weisse Hemisphärenmark, durch die innere Kapsel (hinteren Schenkel), durch den Pes pedunculi, die Brücke und die Medulla oblongata als Faser der nur aus solchen Neuriten bestehenden Pyramidenbahn (Py). Im caudalsten Teil der Medulla oblongata kreuzt sich dieser Zellfortsatz mit einem symmetrischen der gegenüberliegenden Seite — in der Pyramidenkreuzung — und verläuft dann auf der andern Körperhälfte in den Seitensträngen des Rückenmarks als Bestandteil der Pyramidenseitenstrangbahn (PyS)*) abwärts, bis er in irgend einer

*) Ein geringer Teil verläuft auch ungekreuzt in den Vordersträngen als Pyramidenvorderstrangbahn (PyV) und kreuzt sich erst später.

Höhe des Rückenmarks — bald höher, bald tiefer, je nachdem er den Impuls zu einem Muskel des Arms, des Beins etc. trägt, — aus der vertical abwärts gehenden Richtung in die horizontale umbiegt, indem er in ein Vorderhorn hineinzieht und sich dort, am Ende seines Weges angelangt, zum sogn. Endbäumchen aufsplittert*). Die Pyramidenzelle sammt ihren sämmtlichen Fortsätzen bezeichnet man als Nerveneinheit oder Neuron und zwar als corticospinales oder centrales motorisches Neuron (Archineuron Waldeyer). Während die Dendriten wahrscheinlich eine reizzuführende Aufgabe haben, also cellulipetal leiten, geschieht die Leitung im Axencylinderfortsatz cellulifugal; die motorischen Impulse werden also von der Zelle durch den Neuriten peripherwärts geführt.

Das Endbäumchen jedes centralen Neurons tritt im Vorderhorn in contactartige Verbindung mit einer der dort liegenden grossen polygonalen motorischen Vorderhornzellen: es umklammert entweder die Zelle selbst klauenartig, ohne aber mit ihr zu verschmelzen**), oder berührt die Dendriten dieser Zelle. Diese Zelle entsendet nämlich ebenfalls Fortsätze, 1) zahlreiche Dendriten, die kurzen Verlauf haben und die Reize cellulipetal leiten, 2) einen einzigen Axencylinderfortsatz, der durch das Vorderhorn in die vorderen Wurzeln als Faser dieser Wurzeln hinein und dann als peripherische motorische Nervenfaser bis zu einer Muskelfaser zieht. An der Muskelfaser angelangt, reisert er sich wiederum zum Endbäumchen auf und tritt mit der Muskelfaser in contactartige Verbindung. Die Vorderhornzelle sammt ihren Fortsätzen bildet wiederum eine Nerveneinheit, ein Neuron, das als spinomuskuläres oder peripherisches motorisches Neuron (Teleneuron Waldeyer) bezeichnet wird.

Auch der motorische Leitungsweg der Hirnnerven besteht wie der der Rückenmarksnerven aus 2 Neuronen: das centrale Neuron hat seine Zelle in der Hirnrinde (und zwar in den basalsten Theilen der Centralwindungen, im Faciolingualcentrum nahe der Fossa Sylvii), und der Axencylinder dieser Zelle zieht durch das Mark, die innere Kapsel (hinteren Schenkel) und den Pes pedunculi in den Pyramidenbahnen abwärts, kreuzt sich aber bereits oberhalb der eigentlichen Pyramidenkreuzung im Pons oder im oberen Theil der Oblongata mit einer symmetrischen Faser der andern Körperhälfte. Nach der Kreuzung zieht er bis zum gegenüberliegenden Kern desjenigen Hirnnerven, dem er die Impulse zuführt (Facialis, Hypoglossus etc.) und splittert sich dort zum Endbäumchen auf. Das Endbäumchen tritt dann in der oben beschriebenen Weise in eine contactartige Verbindung mit der Zelle des motorischen Kerns, ohne mit ihr zu verschmelzen.

Von dieser Zelle beginnt das peripherische motorische Neuron der Hirnnervenleitungsbahn. Der Axencylinderfortsatz dieser Zelle verläuft als Faser des austretenden Hirnnerven nach der Hirnbasis und weiter als peripherische Hirnnervenfaser bis zu einer Muskelfaser. An dieser angelangt, reisert er sich zum Endbäumchen auf.

Es erhellt aus dieser Darstellung die wichtige Thatsache, dass die Zelle des Kerns im Hirnstamm für den Hirnnerven dieselbe physiologische

*) Die Collateralen, die er auf diesem Wege abgiebt, können für unsere Darstellung ausser Betracht bleiben.

**) Neuerlich wird doch wiederum eine Art Verschmelzung vermutet; überhaupt wird von Held, Nissl, u. A. die Neuronenlehre stark angegriffen. Vorläufig besteht sie aber noch zu Recht.

Bedeutung hat, wie die Vorderhornzelle für den Rückenmarksnerven. Aber noch etwas anderes, für unser Thema sehr Bedeutsames, wird an der Hand des eben Gesagten leicht verständlich sein:

Degeneration.

Wenn eines der beiden Neurone, die den motorischen Leitungsweg bilden, an einer Stelle durch eine Verletzung oder einen krankhaften Prozess unterbrochen wird, oder wenn die zu einem der beiden Neurone gehörende Zelle erkrankt, so erleidet der Axencylinder des betroffenen Neurons eine anatomische Veränderung, die zu seinem schliesslichen Untergange führt und als degenerative Atrophie oder kurzweg Degeneration (Entartung) bezeichnet wird. Der Axencylinder verliert zunächst seine Markumhüllung, indem die Markscheide in Schollen, Stücke und Bröckel zerfällt, der Axencylinder selbst zerfällt dann ebenfalls, die Kerne der Schwann'schen Scheide vermehren sich, das interstitielle Gewebe vermehrt sich und tritt an die Stelle des untergegangenen Nervengewebes: gleichsam eine „Cirrhose des Nerven."

Diese Degeneration betrifft immer nur das Neuron, in dem die krankhafte Veränderung sitzt; der übrige Leitungsweg bleibt intact. Das ist eine fundamentale Thatsache, die zunächst festgehalten werden muss*), und die sich aus der anatomischen Selbständigkeit der Nerveneinheit bequem erklärt. Aber — und das ist die zweite fundamentale Regel — wenn das peripherische, das spinomuskuläre Neuron entartet, dann erkrankt die zugehörige Muskelfaser mit; auch sie erleidet die degenerative Atrophie: sie wird schmäler, verliert ihre Querstreifung, die Kerne des Sarkolemms vermehren sich, es treten chemische Alterationen im Sinne einer Nekrobiose auf (wachsartige Degeneration etc.), das interstitielle Binde- oder Fettgewebe wuchert und tritt an die Stelle der untergehenden contractilen Substanz; schliesslich „Cirrhose der Muskelfaser." — Einfache Muskelatrophien finden sich sowohl bei Krankheiten des Muskels selbst als bei einer ganzen Reihe anderer, weiter unten zu erwähnender Erkrankungsformen. Diese degenerative Atrophie des Muskels findet sich ausschliesslich**) dann, wenn das peripherische Neuron — dessen Zelle oder deren Axencylinderfortsatz — verletzt oder krankhaft verändert ist.

Einfache Atrophie.

Ein degenerirter Muskel reagirt anders auf den elektrischen Strom als ein nicht degenerirter, auch anders als ein einfach atrophirter. Man kann also mittels elektrischer Untersuchung Muskeldegeneration nachweisen. Die Reaktionsweise des Muskels in solchen Fällen bezeichnet man mit Erb als Entartungsreaction (EAR).

---

*) Auf scheinbare Ausnahmen von dieser Regel soll später eingegangen werden. —

**) Auch dieser Satz kann trotz widersprechender Befunde im allgemeinen aufrecht erhalten werden.

Die EAR wird also dann zu finden sein, wenn das peripherische motorische Neuron in irgendwie erheblicher Weise erkrankt ist. Sie ist nicht da bei Krankheiten im Bereich des centralen Neurons, des Muskels selbst oder anderer Theile des Nervensystems und des übrigen Körpers: **wenn EAR vorhanden ist, so ist das ein Zeichen dafür, dass im Gebiet der peripherischen Neurone sich ein krankhafter Vorgang abspielt.**

Das Gesetz der EAR.

Anm. Es ist für den Anfänger nützlich, diesen Satz als Lehrsatz (gleichsam als Regel ohne Ausnahme) anzusehen. Es soll dabei jedoch nicht verschwiegen sein und wird unten auch des Näheren erörtert werden, dass einzelne Befunde erhoben worden sind, welche geeignet sind, die Allgemeingültigkeit dieser Regel erheblich einzuschränken.

Die Erkrankungen, bei denen sich die übrigen Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit, insbesondere die einfach quantitativen oder die einfach qualitativen Veränderungen, finden, betreffen die andern Partien der motorischen Leitungsbahnen und des Bewegungsapparats, wie im folgenden näher ausgeführt werden soll.

a. Die rein quantitativen Veränderungen.

Wenn ein Muskel oder motorischer Nerv auf schwächere Ströme mit einer Minimalzuckung reagirt als in der Norm, so spricht man von erhöhter elektrischer Erregbarkeit*). Die Erhöhung der Erregbarkeit äussert sich bei einseitigen Affectionen so, dass an der kranken Seite eine faradische Zuckung schon bei einem grösseren Rollenabstand (also einer geringeren Stärke des faradischen Stroms) sichtbar wird als an der gesunden Seite; die Erhöhung der galvanischen Erregbarkeit zeigt sich darin, dass bei einer geringeren Anzahl MA an der kranken Seite eine Contraction zu erzielen ist, als dies an der gesunden Seite geschieht. Bei doppelseitigen Affectionen kann man eine Erhöhung der Erregbarkeit erkennen, wenn die Werte der Stromstärke, bei der in einem Muskel oder Nerven eine Minimalzuckung sichtbar wird, unter der untersten Grenze der Stintzing-schen Minimalwerte liegen; vermuten kann man die Erhöhung, wenn die Werte nahe den Stintzing'schen Minimalwerten liegen, und es sich um ein erkranktes Gebiet handelt. Ganz besonders instructiv und überzeugend ist in solchen Fällen gelegentlich die Untersuchung mit dem galvanischen Strom unter Berücksichtigung des Zuckungsgesetzes. Man findet nämlich in ausgeprägten Fällen erhöhter Erregbarkeit, dass nicht nur z. B. die Ka SZ bei Bruchtheilen eines MA, die An ZZ bei nicht viel stärkeren Strömen, und die Ka OZ

Die erhöhte Erregbarkeit.

*) Die Erhöhung kann die faradische oder galvanische Erregbarkeit, jede für sich, betreffen, oder beide gemeinsam. Letzteres ist wohl das häufigere, aber auch ersteres kommt nicht selten vor.

resp. der Ka STe bei Stromstärken auftreten, bei denen man normaliter kaum eine Ka SZ erhält: sondern, wenn man den Strom noch weiter verstärkt, kann man bei garnicht allzu starken Strömen auch Dinge sehen, die an einem normalen Muskel garnicht oder doch erst bei so hohen Stromintensitäten sich zeigen, wie sie in praxi nicht angewendet zu werden pflegen, nämlich An STe, An OTe oder, wie ich das in einem Falle von Tetanie einmal zu sehen bekam, Ka OTe. Es handelt sich hierbei — das muss festgehalten werden — etwa nicht um eine qualitative Veränderung des gesetzmässigen Zuckungsschemas, sondern gewissermassen nur um einen rascheren Ablauf desselben; die Reihenfolge im Auftreten der einzelnen Zuckungsmomente bleibt dabei die normale, und auch die Form der Zuckung ist bei der reinen Erregbarkeitserhöhung normal, blitzartig.

Die reine Erhöhung der Erregbarkeit ist ein beinahe pathognostisches Zeichen für die Tetanie. Sie betrifft dort fast regelmässig beide Stromesqualitäten, seltener den galvanischen Strom allein. Ihr Vorhandensein ermöglicht mit einer annähernden Sicherheit in zweifelhaften Fällen die Differentialdiagnose zwischen echter Tetanie und ähnlichen Erkrankungen, insbesondere gewissen hysterischen Zuständen von anfallsweise auftretenden Contracturen in der Vorderarm- u. Unterschenkelmuskulatur. Bei letzteren Fällen findet sich die Erhöhung der elektrischen Erregbarkeit gewöhnlich nicht. Die Möglichkeit, unschwer galvanischen An Te (oder gar Ka OTe) herbeizuführen, spricht besonders für echte Tetanie. Die Erhöhung kann sowohl Muskeln als motorische Nerven betreffen. Ein Beispiel eines solchen Falles bietet der folgende Theil eines Untersuchungsprotokolls (von einem 19jährigen, mit echter Tetanie behafteten jungen Mann gewonnen):

| El Q = 3 qcm | Rechts far. | Rechts galvan. | Links far. | Links galvan. |
|---|---|---|---|---|
| M. biceps brachii | Bei grösstem RA deutliche (nicht minimale) Contraction | Ka SZ: $^1/_8$ MA<br>An OZ: $^1/_4$ MA<br>An SZ: $^1/_4$ MA +<br>Ka STe: $^1/_2$ MA<br>Ka OZ: 1 MA<br>An STe: 3,5 MA<br>An OTe: ca 4 MA<br>Ka O Te: bei Strömen über 7 MA blitzartige Zuckungen | | |

Ausser der Tetanie sind es einzelne Fälle von cerebralen Lähmungen (frischen Hemiplegien), bei denen einfache Erhöhung der Erregbarkeit gefunden wurde; ferner mehrere Beobachtungen von Tabes

dorsalis in den ersten Stadien und einige peripherische Nervenlähmungen (Facialis und Radialis); bei letzteren bestand sie tage- bis wochenlang.

Die Herabsetzung der Erregbarkeit.

Viel öfters als die Erregbarkeitssteigerung findet man die entgegengesetzte Veränderung, die reine Herabsetzung der Erregbarkeit. Man spricht von ihr dann, wenn ein motorischer Nerv oder Muskel erst bei grösseren Stromstärken als ein normaler seine Minimalzuckung zeigt. Wiederum betrifft diese Störung entweder beide Stromesarten (das ist häufiger) oder eine von beiden, und wiederum geschieht der Nachweis der Veränderung bei einseitigen Affectionen durch Vergleich mit der gesunden Seite, bei doppelseitigen mit Hülfe der Stintzing'schen Tabellen. Beim galvanischen Strom bedarf es also einer grösseren Anzahl MA zur Erzielung der Minimalzuckung, beim faradischen eines Stromes von geringerem RA (also grösserer Kraft) als an der gesunden Körperseite resp. als bei gesunden Individuen. Dabei ist die galvanische Zuckungsformel unverändert und der Charakter der Zuckung der normale.

Die herabgesetzte Erregbarkeit ohne qualitative Abnormität findet man bei einer Reihe von Krankheitszuständen, die man früher unter dem Namen der Inactivitätsatrophien zusammengefasst hat, die aber jetzt vielfach — und wohl mit Recht — eine ganz andere Deutung erfahren. Dahin gehören z. B. die Atrophien, die bei Gelenkkrankheiten in den dem kranken Gelenk benachbarten Muskeln — oft sind es Streckmuskeln dieses Gelenks — auftreten. Auch bei Luxationen und Verbandsfixationen (z. B. nach Phlegmoneoperationen) treten sie ein, ebenso bei Fracturen in der Nähe eines Gelenks. Man kann sie kurz als arthritische oder (wie sie vielfach genannt werden) „Reflex-Atrophien" bezeichnen.*) Wenn sich in solchen atrophischen Muskeln überhaupt elektrische Veränderungen nachweisen lassen — was keineswegs immer der Fall ist — dann ist es einfache Herabsetzung. Sobald etwa Entartungsreaction vorhanden ist, muss man eine Complication z. B. eine Neuritis benachbarter Plexus annehmen.

Reflex-Atrophien.

Es sind hier weiter zu erwähnen: die Atrophien im Gefolge cerebraler Lähmungen, also im Gebiete der centralen motorischen Neurone, bei Apoplexien, Erweichungen etc., mit nachfolgenden Mono-, Hemi- oder Diplegien. Auch bei diesen ist elektrisch, wenn überhaupt etwas, dann nur eine quantitative Veränderung (Herabsetzung der Erregbarkeit) zu finden. In vielen Fällen dieser Art ist freilich die elektrische Erregbarkeit durchaus normal.

*) Die verbreitetste Auffassung ist die, dass durch die Gelenkerkrankung reflectorisch in den Vorderhornzellen Alterationen hervorgerufen werden, die zwar nicht stark genug sind, um zur Zeit anatomisch nachweisbar zu sein, aber doch hinreichend, um einfache Muskelatrophien der geschilderten Art — Reflextrophoneurosen — herbeizuführen. Diese Ansicht ist experimentell gestützt, bleibt aber vorläufig noch Hypothese.

Anm. Über die Deutung der in solchen Muskeln durch den Contracturzustand hervorgerufenen scheinbaren qualitativen Veränderung der Zuckungsform (faradische „Pseudo"-Zuckungsträgheit) s. unten S. 78.

Auch bei den übrigen Erkrankungen im Gebiete der centralen motorischen Neurone, bei denen die peripherischen intakt bleiben, also bei den Strangerkrankungen des Rückenmarks, (spastische Spinalparalyse, Myelitis, multiple Sklerose, gewisse Blutungen und Erweichungen ohne Beteiligung der Vorderhörner), den Krankheiten der Pedunculi cerebri, des Pons und der Oblongata (ohne Schädigung der grauen Kerne und der motorischen Hirnnerven) findet sich entweder gar keine elektrische Abnormität oder einfache Herabsetzung, meistens für beide Ströme oder für den faradischen Strom allein, selten für den galvanischen allein.

Die einfache Herabsetzung begleitet fernerhin eine Reihe von Atrophien, deren Genese unbekannt ist (vielleicht sind es wirkliche Inactivitätsatrophien): das sind die Atrophien in gewissen Fällen von Tabes und functionellen Neurosen, besonders Hysterie. In diesen letzteren Fällen ist die exacte Feststellung der elektrischen Verhältnisse namentlich dann wichtig, wenn es sich um Hysterie traumatischen Ursprungs handelt, und wenn die Frage der Simulation oder Aggravation wegen einer vom Patienten zu erwartenden resp. beanspruchten Unfallentschädigung beantwortet werden soll. Ein positives Ergebniss der elektrischen Prüfung, also der Befund sicherer Herabsetzung der Erregbarkeit, wird Simulation ausschliessen lassen; ein negatives Ergebniss jedoch gestattet keinerlei Entscheidung.

Inactivitäts-Atrophien.

Schliesslich ist auch für die Atrophien, die ihre Entstehung einem Erkranktsein der Muskeln selbst, (also des periphersten Endes der motorischen Leitungsbahn) verdanken, die Herabsetzung der Erregarkeit bei qualitativem Normalzustand der Zuckung eine charakteristische Beigabe. Es sind vorwiegend die verschiedenen Formen der progressiven Muskel-Dystrophie oder myopathischen progressiven Muskelatrophie (im Gegensatz zur spinalen progressiven Muskelatrophie so genannt,) die hierbei in Betracht kommen: also die Pseudohypertrophie, die juvenile, die infantile, die Landouzy-Déjérine'sche Form der myogenen Atrophie, die unter dem obigen Namen zusammengefasst werden. Hier hat die Feststellung des elektrischen Befundes häufig geradezu differentialdiagnostische Bedeutung, nämlich dann, wenn es zweifelhaft ist, ob eine progressive Atrophie muskulären oder spinalen Ursprungs (d. h. auf Erkrankung der Vorderhörner zurückzuführen) ist. Während sich bei den muskulären Formen entweder gar keine elektrische Alteration oder aber einfache Herabsetzung — bald gering, bald hochgradig

Dystrophien.

bis zum Erloschensein der Erregbarkeit, jedenfalls stets rein quantitativ — finden wird, wird bei den spinalen Prozessen, bei denen es sich ja um Veränderungen im Gebiete peripherischer Neurone handelt, vielfach Entartungsreaktion eintreten. In diesen Fällen wird man eine locale Diagnose stellen können.

Spinale Atrophien langsamer Progression.

Freilich soll dabei nicht übersehen werden, dass auch in Fällen spinaler Herkunft oft nirgends oder nur an ganz vereinzelten Stellen Entartungsreaction vorhanden ist. Wenn nämlich die Progression einer spinalen Atrophie in langsamem Tempo vor sich geht, sodass gleichsam Faser für Faser allmählich dem Untergange verfällt, so werden in dem der Untersuchung vorliegenden Muskel die thatsächlich in der Degeneration begriffenen Fasern die verschwindende Minorität bilden, und der Strom findet dann entweder eine „überwältigende Majorität“ intakter oder eine ebensolche Majorität völlig in Zwischengewebe verwandelter sclerosirter Muskelfasern vor; infolgedessen wird in vielen solchen Fällen eine Entartungsreaction garnicht recht in die Erscheinung treten können: vielmehr wird in einem Muskel, in dem der Prozess der Atrophie beginnt, ganz normale Erregbarkeit sein, in einem Muskel aber, in dem der Prozess vorgeschritten ist, — je nach der Anzahl der vorhandenen contractilen Theile, — entweder einfache Herabsetzung oder Erloschensein der Erregbarkeit.*) Diese Erscheinung findet man in der That in vielen Fällen progressiver Muskelatrophie, bei Poliomyelitis chronica, amyotrophischer Lateralsclerose, progressiver Bulbärparalyse etc. Für solche Fälle liegt also die Sache so, dass der differentialdiagnostische Wert der elektrischen Prüfung nur dann vorhanden ist, wenn EAR in der That gefunden wird: ergiebt in zweifelhaften Fällen die Untersuchung einfache Herabsetzung ohne qualitative Veränderung, so ist ein muskulärer Prozess zwar wahrscheinlich, aber nicht sicher; ergiebt sie EAR, dann ist im allgemeinen ein spinaler Prozess als vorliegend anzunehmen.

Anm. Es sind in der Litteratur einige Fälle von (allem Anschein nach) sicherer Myopathie — Dystrophia musc. progressiva — beschrieben, bei denen EAR gefunden wurde. Das widerspräche dem oben entwickelten Gesetz von der EAR, welches besagt, dass sie nur bei Krankheiten der peripherischen Neurone auftritt. Die Fälle sind freilich vereinzelt, geben aber doch zu denken. Man hat daraus bisher nicht den Schluss gezogen, dass es sichere Ausnahmen von dem genannten Gesetze giebt. sondern man neigt jetzt vielfach zu der Annahme, dass zwischen den spinalen und den muskulären Formen der progressiven Atrophie Übergänge existiren, dass keine scharfen Grenzen zwischen ihnen be-

*) Ich weiss, dass diese Erklärung anfechtbar ist und bemerke ausdrücklich, dass sie nur hypothetisch ist. Solange man aber keine bessere weiss, mag sie dem Anfänger die Sache verständlich machen.

stehen, ja dass vielleicht überhaupt auch die sogenannten muskulären Formen auf spinale, mit unsern jetzigen Methoden nur nicht nachweisbare, Vorderhornaffectionen zurückzuführen sind. Im allgemeinen gilt trotz dieser vereinzelten Beobachtungen von der Differentialdiagnose immer noch das oben Ausgeführte.

Hinsichtlich der Differentialdiagnose zwischen spinaler und cerebraler Kinderlähmung s. unten S. 65. Im nächsten Abschnitt wird auch näher ausgeführt werden, dass nach Ablauf schwerer degenerativer peripherischer Lähmungen noch sehr lange als einzige elektrische Veränderung herabgesetzte Eregbarkeit ohne qualitative Störungen zurückbleiben kann.

Was den Grad der Herabsetzung bei den verschiedenen Erkrankungen betrifft, so ist derselbe im allgemeinen gering bei den Inactivitätsatrophien im eigentlichen Sinne. Hier beschränkt sich die Herabsetzung auch vielfach auf den faradischen Strom allein; und in diesen Fällen muss man mit der Diagnose „herabgesetzte Erregbarkeit“ ganz besonders vorsichtig sein. Es liegt in der Natur der Untersuchungsmethode, dass sich bei Feststellung der faradischen Minimalzuckung zweier symmetrischer Muskeln auch bei ganz gesunden Personen geringe Differenzen finden werden. Das Sehen der Minimalzuckung bietet Schwierigkeiten, und besonders der Anfänger bekommt häufig falsche Resultate, wenn er z. B nicht darauf achtet, ob die untersuchten Muskeln schlaff sind, oder wenn der Punkt, an dem er untersucht, nicht der erregbarste ist. Ein während der Untersuchung eintretendes Austrocknen der Elektrodenkappe, ein geringes Verschieben oder Umkippen der Elektrode ändert nicht selten die Ergebnisse der Prüfung. Und dabei muss weiterhin noch in Betracht gezogen werden, dass es bei ganz gesunden Leuten anatomische Differenzen zwischen symmetrischen Teilen der beiden Körperhälften giebt; und wenn dann z. B. an der einen Seite der untersuchte motorische Nerv infolge einer anatomischen Varietät beträchlich tiefer liegt als an der andern, sodass er eine dickere Schicht elektricitätleitenden Gewebes über sich hat, so wird in diesem bedeckenden Gewebe ein grosser Bruchteil des Stromes durch Schleifenbildung verloren gehen, ehe der Strom den Nerven erreicht, jedenfalls ein grösserer Bruchteil als an der andern Seite. Es wird daher in dem tiefer liegenden Nerven die Erregbarkeit anscheinend herabgesetzt sein, wiewohl das thatsächlich nicht der Fall ist. Dasselbe wird z. B. eintreten können, wenn an der einen Seite das subcutane Fettgewebe stärker entwickelt ist als an der andern (L. Mann),

Der Grad der Herabsetzung

Zusammenfassend, muss man also sagen: Geringfügige Herabsetzung der Erregbarkeit, also Differenz von wenigen Mm. RA oder von Bruchtheilen eines MA, muss, ehe sie als pathologisch anerkannt werden kann, durch wiederholte Nachprüfungen controlirt

werden, namentlich wenn die Störung nicht beide Stromesarten in gleicher Weise betrifft, oder wenn in einem grösseren, gleichmässig erkrankten Gebiet die verschiedenen Muskeln oder Nerven ganz verschiedene Resultate liefern, z. B. der eine Erhöhung, der andere Herabsetzung. Nur, wenn mehrere Untersuchungen stets die gleichen Resultate ergeben, darf man mit einiger Sicherheit von einer herabgesetzten Erregbarkeit reden. Besondere Vorsicht erfordern natürlich doppelseitige Affectionen. Hier sollte man nur bei ganz beträchtlichen Abweichungen von den Stintzing'schen Mittelwerten einen pathologischen Prozess diagnostizieren.

Bei den Erkrankungen im Gebiete der centralen motorischen Neurone, den hemiplegischen Atrophien und dergl, pflegt die Herabsetzung der Erregbarkeit keinen bedeutenden Grad zu erreichen. Da hier häufig Contracturen bestehen, sodass ein Schlaffhalten der untersuchten Muskeln gewöhnlich auf die Dauer nicht gelingt, so muss man mit der Verwertung der Minimalzahlen recht vorsichtig sein.

Stärkere Grade der Herabsetzung bieten gelegentlich die arthritischen Atrophien, die allerstärksten finden sich bei progressiven Dystrophien und bei den oben (S. 62.) erwähnten Formen der spinalen Atrophien langsamer Progression. Hier sinkt die Erregbarkeit, meist für beide Stromesarten ziemlich gleichmässig, immer mehr und mehr, bis zum Erloschensein.

Erloschene Erregbarkeit.

Absolutes Erloschensein der Erregbarkeit eines Muskels beweist, dass contractile Substanz in dem betr. Muskel nicht mehr in erheblicher Quantität vorhanden ist. Diese Anomalie kann das Schlussergebniss der EAR oder der progressiven Herabsetzung sein. Erloschensein der Erregbarkeit eines motorischen Nerven beweist an sich für den anatomischen Zustand der von ihm versorgten Muskeln nichts: vielmehr bedarf es dazu noch einer direkten Muskeluntersuchung. Darüber im nächsten Abschnitt Näheres.

### b. Die quantitativ-qualitativen Veränderungen.

#### 1. Die Entartungsreaktion (EAR).

Bei denjenigen Erkrankungen im Gebiete der peripherischen Neurone, die zu Muskeldegenerationen führen, findet man, wenn diese Erkrankungen eine gewisse minimale Grösse überschreiten, gewöhnlich eine Abnormität in der elektrischen Erregbarkeit der betroffenen Nerven und Muskeln, deren wesentliche Charakteristika sind:

Definition der EAR.

1) quantitative Veränderungen, nämlich
   a) Sinken und Erlöschen der (faradischen und galvanischen) Erregbarkeit der Nerven und der **faradischen** Erregbarkeit der Muskeln.

b) bald Steigerung, bald Sinken der galvanischen Erregbarkeit der Muskeln.

2. qualitative Veränderungen, besonders

a) Trägheit der galvanischen Muskelzuckung und eventuell

b) Abweichungen vom normalen Ablauf des Zuckungs-Gesetzes.

Diese complicirte Anomalie der Erregbarkeit, welche den anatomischen Prozess der Muskeldegeneration (Entartung) begleitet, und welche sich wieder in bestimmter, gesetzmässiger Weise zum normalen Verhalten zurückbildet, wenn die Muskeldegeneration einer Regeneration Platz macht, ist nach Baierlacher's Vorarbeiten von Erb (1868), von Ziemssen und Weiss zuerst studiert und von Erb mit dem Namen „Entartungsreaktion“ (EAR) belegt werden.

Vorkommen der EAR.

Die Krankheitszustände, in denen die EAR vorkommen kann, sind, wie nach dem Gesagten leicht verständlich, (s. Schema des Faserverlaufs S. 55, Fig. 22) im wesentlichen die folgenden:

1) Krankheiten der Medulla oblongata bezw. des Hirnstamms mit Beteiligung der grauen Kerne der Hirnnerven: also die verschiedenen Formen der Bulbärparalyse (acute, chronische progressive), Blutungen und Erweichungen im Hirnstamm etc. — Auch die angeborenen oder früh erworbenen Fälle von Facialislähmung, von denen freilich nur ein Teil nucleären Ursprungs ist, gehören hierher. — In diesen Fällen findet sich EAR natürlich nur im Gebiete der betroffenen Hirnnerven. Wenn der pathologische Prozess auch gleichzeitig die Fasern der durchlaufenden Pyramidenbahnen ergreifen sollte, so würde trotzdem ihr Erkranktsein nicht zu EAR führen.

2) Krankheiten, welche die Vorderhornzellen des Rückenmarks befallen: Poliomyelitis anterior acuta, — z. B. die „spinale Kinderlähmung“*) — subacuta und chronica, sowie die progressive spinale Muskelatrophie**), (während, wie oben S. 61 ausgeführt, bei der myopathischen Muskelatrophie EAR gewöhnlich fehlt); ferner Blutungen und Erweichungen im Vorderhorn, Geschwulstbildungen, namentlich Gliomatose (Syringomyelie, Morvansche Krankheit); die Entzündungen des ganzen Rückenmarksquerschnitts (Myelitis transversa); die amyotrophische Lateralsclerose — Vorderhorn- und Seitenstrangerkrankung — (Seitenstrangaffection allein,

*) Die sogenannte cerebrale Kinderlähmung (Sitz im Grosshirn) bietet keine EAR dar, sondern entweder einfache Herabsetzung oder gar keine Anomalie. Das kann gelegentlich differentialdiagnostisch von Nutzen sein.

**) Auch bei der Hoffmann'schen neuralen Form der Muskelatrophie, deren anatomisches Substrat noch strittig ist, ist EAR beschrieben.

z. B. die secundäre absteigende, oder die bei combinirten Systemerkrankungen, resp. die idiopathisehe bei der sog. spastischen Spinalparalyse, deren anatomisches Substrat freilich noch nicht feststeht, wird nicht zu EAR führen). — Auch diffuse Herde. z. B. entzündlicher oder sclerotischer Natur, können, wenn sie gerade im Vorderhorn ihren Sitz haben, in den von dort aus versorgten Muskeln EAR hervorrufen.

3) Krankheiten, welche die Wurzeln der cerebralen oder spinalen Nerven betreffen: Meningeale Prozesse verschiedener Art, wenn sie mit stärkerer Beteiligung der Nervenstämme einher gehen; Wirbelerkrankungen, z. B. tuberculöser Natur, oder Tumoren, die von den Wirbeln oder den Meningen ausgehen und die Nerven einschnüren. Derartige Fälle werden im Ganzen selten sein.

4) Krankheiten der peripherischen Nerven selbst und zwar:

a) Verletzungen, vornehmlich durch Quetschung: dahin gehören die Schlaflähmungen der Armnerven; die Peroneus-Drucklähmungen nach Partus; die Fessellähmungen des Ulnaris und Medianus; die durch Callus- und Tumorendruck bedingten, sowie durch Lasttragen an den Nerven der oberen Extremität entstandenen. Auch die sehr häufigen sogenannten „rheumatischen“ Facialislähmungen seien hier erwähnt.

Weiterhin Durchschneidungen, besonders oft an den Nerven der oberen Extremität Säbelverletzungen; oder operative Durchtrennungen, z. B. am Facialis bei Drüsenoperationen, am Hypoglossus etc. — Dasselbe gilt von Rissverletzungen. —

Von chemischen, mit EAR einher gehenden Verletzungen sind die Lähmungen nach Aetherinjeetion zu nennen.

b) Entzündungen der Nerven: einerseits die fortgeleiteten, wie z. B. gewisse Facialislähmungen bei Ohrerkrankungen; andererseits die idiopathischen, die dann meistens entweder toxischer Natur sind, wie die Bleilähmung, (die besonders gern die Vorderarmstrecker befällt*), die Arsenik-, die Alcoholneuritis u. a., — oder aber infectiöser Natur, wie die diphtherische Neuritis, die Neuritis multiplex infectiosa oder Beriberi, die nach Influenza auftretenden Neuritiden etc.

Auch die sogenannten „Beschäftigungsatrophien“ unbekannter Natur wären hier zu erwähnen.

c) Viel seltener Tumoren der Nerven selbst. —

Verschiedene Formen der EAR.

Je nach der Schwere der Läsion resp. je nach der grösseren oder geringeren Geschwindigkeit der Entwicklung lassen sich ver-

*) Hier ist EAR auch in Muskeln gefunden worden. die noch nicht gelähmt waren oder überhaupt niemals gelähmt wurden. Vereinzelte derartige, unerklärte Beobachtungen liegen auch für einige andere Erkrankungen vor.

schiedene Grade und Arten der EAR unterscheiden. Besonders kann man eine complete Form, in welcher der Typus der Erscheinungen am reinsten zum Ausdruck kommt, von einer partiellen Form trennen, welche gleichsam nur eine Skizze des Symptomenbildes darstellt. Die complete Form ihrerseits umfasst — der Prognose nach — eine heilbare und eine unheilbare Unterart, und die heilbare Unterart zerfällt wieder in eine leichte und mittelschwere Form, die sich nur durch die Dauer von einander unterscheiden. Man kann also im allgemeinen folgende Typen auseinander halten:

1) complete EAR
   a) leichte } heilbar
   b) mittelschwere } heilbar
   c) schwere — unheilbar
2) partielle.

Natürlich ist diese Scheidung eine künstliche, und existieren zwischen den einzelnen Formen zahlreiche Übergänge*).

Den Verlauf der einzelnen Formen der EAR soll die folgende Tabelle illustrieren: Der Verlauf der EAR.

### I. Complete EAR: leichte und mittelschwere Form.

| | | indirekte (Nerven-) Erregbarkeit: | | direkte (Muskel-) Erregbarkeit: | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | farad. | galvan. | farad. | galvanisch |
| Stadium I. | 1. Woche | gegen Ende herabgesetzt | gegen Ende herabgesetzt | etwas später herabgesetzt | etwas später herabgesetzt |
| Stadium II. | **) ca. 2.—5. Woche<br>ca. 2.- 15. Woche | **erloschen** | **erloschen** | **erloschen** | **erhöht, träge Zuckung** (An > Ka) |
| Stadium III. | **) ca. 6.—12. Woche<br>ca. 16.—30. Woche | gegen Ende wiederkehrend | gegen Ende wiederkehrend | gegen Ende wiederkehrend | **sinkend bis normal, raschere Zuckung** (An = bis < Ka) |
| Stadium IV. | später | subnormal | subnormal | subnormal | subnormal (keine qualitativen Veränderungen mehr). |

### II. Complete EAR: schwere (unheilbare) Form.

Stadium I. und II. **wie im obigen Schema,** darauf folgt als

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Stadium III. | 6.—x. Woche | bleibt erloschen | bleibt erloschen | bleibt erloschen | **sinkend bis erlöschend Zuckung bleibt träge** (An > Ka) |

---

*) Stintzing hat 13 verschiedene Formen aufgestellt. Sie lassen sich nicht nur in dem obigen Schema bequem unterbringen, sondern es versteht sich eigentlich von selbst, dass derartige Übergänge zwischen den verschiedenen Formen vorkommen können. Für den Anfänger ist es zweifellos zweckmässig, sich zunächst an wenige typische, häufig anzutreffende Formen zu halten und den Abweichungen vom Typus event. erst später seine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

**) Die Zahlen sind nur ungefähre. Die obersten Zahlen betreffen die leichte Form der completen EAR, die untersten die mittelschwere

## III. Partielle EAR.

| | | indirekte (Nerven-) Erregbarkeit: farad. | galvan. | direkte (Muskel-) Erregbarkeit: farad. | galvanisch |
|---|---|---|---|---|---|
| Stadium I. | 1. Woche | normal oder herabgesetzt | normal oder herabgesetzt | normal oder (etw. später) herabgesetzt | normal oder (etwas später) herabgesetzt |
| Stadium II. | 2.—5. Woche | **normal oder herabgesetzt** | **normal oder herabgesetzt** | **normal oder herabgesetzt** | **erhöht, träge Zuckung** (An > Ka) |
| Stadium III. | 6.—ca. 12. Woche | wird normal | wird normal | wird normal | wird normal. |
| | | **oder aber** (bei progressiven Processen): | | | |
| Stadium III. | 6.—x. Woche | sinkend bis erlöschend | sinkend bis erlöschend | sinkend bis erlöschend | **sinkend bis erlöschend, Zuckung bleibt träge** (An > Ka) |

Zum Verständnis der Tabelle ist folgendes zu bemerken, wobei als Paradigma eine Schlaflähmung des N. radialis dienen möge:

Die heilbare complete EAR.

Ad I. leichte und mittelschwere, complete EAR.

Stad. I: Initialstadium. Die elektrischen Veränderungen machen sich nicht sofort, z. B. unmittelbar im Anschluss an eine Verletzung, geltend, sondern — ebenso wie auch die anatomischen, sichtbaren Veränderungen der Nerven und insbesondere der Muskeln — erst einige Tage, meist 5—7 Tage, später. Um diese Zeit findet man, dass sowohl bei Reizung des Nerven selbst (indirekte Reizung), als bei Reizung der einzelnen, vom Nerven versorgten Muskeln (direkte Reizung) die Erregbarkeit für beide Stromesarten einfach herabgesetzt ist. Es bedarf, um eine Minimalzuckung zu erhalten, stärkerer faradischer und galvanischer Ströme als in der Norm resp. als an der gesunden Seite. Dabei ist die Form der Zuckung die normale, das Zuckungsgesetz zeigt den gewöhnlichen Ablauf. Häufig pflegt die Herabsetzung der direkten Muskel-Erregbarkeit etwas später aufzutreten als die der indirekten, also etwa Anfangs der 2. Woche.

Stad. II: Höhepunkt der Erkrankung. Wenn man denselben Nerven, also z. B. den gequetschten Radialis, später, etwa in der 2.—5. Woche, untersucht, so zeigt sich jetzt, dass seine Erregbarkeit sowohl für den galvanischen als für den faradischen Strom völlig erloschen ist*); und prüft man jetzt die von dem gelähmten Nerven versorgten Muskeln direkt, so bemerkt man, dass auch diese auf die stärksten faradischen Ströme nicht reagiren; auf den gal-

*) Gewöhnlich gehen die Veränderungen (Herabsetzung, Erlöschen der Erregbarkeit etc.) für den galvanischen und faradischen Strom bei der Nervenreizung und den faradischen bei Muskelreizung ziemlich gleichzeitig vor sich. Es giebt aber nach dieser Richtung hin zahlreiche Abweichungen verschiedenster Art.

vanischen Strom hingegen reagiren sie nicht nur, sondern ihre Erregbarkeit ist erhöht (die minimale Ka SZ tritt bei weit schwächeren Strömen ein, als auf der gesunden Seite; bei verhältnismässig geringen Stromstärken sieht man An ZZ und Ka STe); aber — und das ist das qualitative Moment der Veränderung — diese galvano-muskuläre Zuckung hat den normalen, blitzartigen Charakter verloren, sie ist träge („wurmförmig") geworden: sie beginnt langsam und klingt langsam wieder ab. — Oft kommt es in diesem Stadium auch vor, dass nicht, wie in der normalen Zuckungsformel, die Ka S das erste Reizmoment ist, auf welches eine Contraction erfolgt, sondern dass die An SZ oder die An OZ schon bei schwächeren Strömen eintreten. Dieses Symptom, das man als Umkehr des Zuckungsgesetzes bezeichnet hat, fehlt aber garnicht selten:. es ist kein unbedingtes Erfordernis für die Diagnose EAR. Die träge Zuckung ist das Hauptmerkmal der EAR, das für sie pathognomonische und zuverlässigste*).

Oft findet man übrigens, dass in diesem Stadium auch die mechanische Muskelerregbarkeit (z. B. durch Beklopfen mit dem Percussionshammer geprüft) gesteigert ist, und dass auch diese Contraction träge abläuft.

Während bei leichten Erkrankungsfällen dieses Stadium des Höhepunktes etwa 2--5 Wochen dauert, währt es bei schweren Formen viel länger, etwa 15—20—30 Wochen, ehe sich für den elektrischen Strom eine Veränderung im Sinne der Heilung oder des Muskelunterganges bemerkbar macht**). Diese Zahlenangaben, wie alle Zahlenangaben der Tabelle, sind — das soll noch einmal betont werden — natürlich nur ungefähre: manchmal vergehen 40 Wochen, ja selbst 1 Jahr und mehr, ohne dass eine wesentliche Tendenz zur Veränderung sich im erkrankten Gebiete elektrisch und auch functionell nachweisen lässt. Und doch können noch nach dieser langen Zeit trotzdem die Erscheinungen sich zur Norm zurückbilden: es beginnt in vielen Fällen erst dann das

Stad. III: Stadium der Regeneration: Dann zeigt sich nämlich — in leichten Fällen etwa nach der 5.—8. Woche, in mittelschweren etwa nach der 15.--30. — eine allmähliche Wiederkehr der indirekten (Nerven-) Erregbarkeit für beide Stromesarten;

---

*) Dabei ist es ein häufiges Verhalten, dass der erregbarste Punkt des betr. Muskels seine Stelle verändert: dann ist der Muskel nicht mehr am Nerveneintrittspunkt, sondern meistens weiter nach der Peripherie, bzw. nach seiner Insertionssehne zu, zu reizen.

**) Diese letzteren, die mittelschweren Fälle der EAR, die also etwa nach 15—20 Wochen die erste Heilungstendenz zeigen, sind sehr viel häufiger als die leichten, die meistens nach 6—8—12 Wochen abgelaufen sind.

auch die „farado-muskuläre“ (d. h. die faradische direkte) Erregbarkeit kehrt wieder: anfangs nur für starke Ströme, später für dieselben Stromstärken wie an der gesunden Seite, — anfangs nur für einen oder den anderen Muskel, allmählich für immer mehrere, treten bei indirekter Reizung (mit einer von beiden oder beiden Stromesarten) resp. bei direkter faradischer Reizung Muskelcontractionen ein. Und um dieselbe Zeit etwa sinkt die früher abnorm erhöhte galvanische Muskelerregbarkeit bis zur Norm, ja häufig unter die Norm; dabei verliert — und das ist besonders wichtig — die Form der Zuckung ihren trägen Charakter: sie bekommt zunächst ein unbestimmtes Aussehen (sie ist nicht mehr „wurmförmig“, jedoch immer noch deutlich langsamer als in der Norm), dann büsst sie nach und nach den Charakter der Trägheit gänzlich ein und wird schliesslich wieder „blitzartig“. — Wenn die „Umkehr des Zuckungsgesetzes“ vorhanden gewesen war, so gleicht sich auch diese aus, indem zunächst die An ZZ = Ka SZ werden, bis schliesslich wieder die Ka SZ überwiegt.

Stad. IV. Schliesslich ist alles normal geworden, nur ist die (besonders die muskuläre) Erregbarkeit gewöhnlich noch längere Zeit herabgesetzt, subnormal, ohne dass jedoch noch irgendwelche qualitative Abnormität besteht.

Die unheilbare complete EAR.

Ad II. schwere, unheilbare complete EAR.

In Fällen, in denen die Läsion derart ist, dass eine Heilung nicht zu stande kommen kann (also z. B. bei Continuitätstrennungen eines Nerven, die dauernd bestehen bleiben), bietet zunächst die elektrische Untersuchung dasselbe Bild, wie bei den leichten und mittelschweren Fällen.

Stad. I. und II. verlaufen in derselben Weise wie bei den heilbaren Formen. Gegen Ende der 1. Woche Herabsetzung der indirekten sowohl als der direkten Erregbarkeit für beide Stromesarten; in den nächsten Wochen völliges Erlöschen der Nervenerregbarkeit für beide Ströme und Erlöschen der direkten Muskelerregbarkeit selbst für stärkste faradische, während die galvanische Muskelreaktion das typische Bild der EAR zeigt: erhöhte Erregbarkeit, träge Zuckung etc. — Aber an Stelle des Stadiums der Regeneration tritt jetzt als

Stad. III: Das Stad. des völligen Muskelunterganges. Die indirekte Erregbarkeit (die vom Nerven aus) bleibt dauernd erloschen, ebenso die faradische, direkte Muskelerregbarkeit. Die galvano-muskuläre erhöhte Erregbarkeit sinkt zwar ebenfalls, wie bei den heilbaren Formen, aber sie sinkt weit unter die Norm, und die Zuckung wird nicht rascher, sondern bleibt träge, ja wird sogar gelegentlich mit der Zeit noch träger und

schleichender (auch die Zuckungsformel zeigt, wenn sie verändert war, keine Tendenz, zur Norm zurückzukehren). Schliesslich ist nur noch mit sehr starken Strömen eine ganz wurmförmige (Anoden-) Zuckung auszulösen; zuletzt erlischt auch diese: das Muskelgewebe ist untergegangen, Zwischengewebe ist an die Stelle der contractilen Substanz getreten. —

Ad III. partielle EAR.

Die partielle EAR.

Die partielle EAR bietet, wie gesagt, gleichsam eine Skizze des oben gezeichneten typischen Bildes der EAR. Das

Stad. I gleicht dem der completen gänzlich. Herabsetzung der Erregbarkeit für beide Stromesarten bei direkter sowohl als bei indirekter Reizung gegen Ende der 1 Woche.

Stad. II. In den nächsten Wochen jedoch tritt kein Erlöschen der Erregbarkeit ein, sondern sowohl die Erregbarkeit vom Nerven aus als die faradische Muskelerregbarkeit bleiben erhalten; sie zeigen nur eine, mehr oder weniger starke Herabsetzung. Häufig bleiben sie auch ganz normal. Dagegen bietet die galvano-muskuläre Reaction alle Charakteristika der EAR: träge Zuckung, erhöhte Erregbarkeit (und ev. Umkehr des Zuckungsgesetzes). —

Stad. III: Nach wenigen Wochen — meistens nach 8—12 Wochen — gleicht sich alles aus und kehrt zur Norm zurück.

Eine schwere Form der partiellen EAR.

Aber es giebt auch eine andere, nicht so gutartige Form der partiellen EAR. Diese Form, die besonders häufig bei den progressiven Erkrankungen, z. B. den spinalen Myatrophien, der Syringomyelie etc., überhaupt bei Erkrankungen im Gebiete der Ursprungszellen der peripherischen motorischen Neurone nachzuweisen ist, zeigt in der ersten Zeit dasselbe Verhalten, wie es eben erwähnt wurde. Aber die Herabsetzung der indirekten und faradischen direkten Erregbarkeit bleibt sehr, sehr lange, Monate und selbst Jahre lang, bestehen: die Erregbarkeit sinkt immer mehr, aber zum Erlöschen kommt es nicht. Während dieser Zeit sinkt auch die anfangs erhöhte, galvano-muskuläre Erregbarkeit bis zur Norm, oft weit unter die Norm, während die Zuckung ihren trägen Charakter beibehält. Dieser Zustand kann dauernd bestehen bleiben; oder aber es erfolgt nach Jahren ein Erlöschen der Erregbarkeit auf der ganzen Linie — der direkten sowohl als der indirekten für beide Stromesarten. —

Anm. Bei den spinalen Myatrophien langsamer Progression (übrigens auch bei anderen spinalen Erkrankungen) finden sich demnach besonders häufig 3 Formen elektrischer Veränderungen:

1) einfache, quantitative Herabsetzung der Erregbarkeit (s. S. 62) für beide Stromesarten (sowohl direkt als indirekt); progredient bis zum Erlöschen.

2) complete EAR (unheilbare Form); oder — am allerhäufigsten —

3) die eben geschilderte Form (wenn man so sagen darf, die „maligne" Form) der partiellen EAR.

Die 1. und 3. Form unterscheiden sich im Aussehen und Ablauf nur dadurch, dass bei der „malignen" partiellen EAR die galvano-muskuläre Zuckung mehr oder weniger träge ist, während sie bei der einfachen progressiven Herabsetzung blitzartig bleibt.

Die Benutzung der Schemata.

Das Fahnden nach einer der verschiedenen Formen der EAR und das Heraussuchen des jeweiligen Stadiums derselben hat 1) einen local-diagnostischen, 2) einen prognostischen Wert (3) gelegentlich auch einen therapeutischen.) Das bezüglich der Localdiagnose Erwähnenswerte ist bereits oben genügend hervorgehoben worden: EAR beweist (Ausnahmen s. unten S. 78) ein Befallensein der peripherischen motorischen Neurone. An welcher Stelle des Neurons die Erkrankung sitzt, muss die anderweitige Untersuchung — die der Motilität, der Sensibilität, der Reflexe, die Anamnese etc. — ergeben. Fehlen von EAR beweist freilich nichts gegen ein Betroffensein peripherischer Nerveneinheiten; nur ist in solchen Fällen ihr Vorhandensein bei weitem das häufigste.

Über das Stadium, in welchem sich der Prozess befindet, über die Schwere der EAR und demgemäss über die Dauer und Prognose des einzelnen Falles orientirt man sich nach dem Gesagten (ev. mit Hülfe der Tabelle) in den meisten Fällen ohne Schwierigkeit. Es ist überflüssig, das mit einzelnen Beispielen besonders zu illustriren. Erwähnt seien nur folgende Dinge:

Eine wichtige Differentialdiagnose.

1) Die sehr wichtige, prognostisch bedeutsame Differentialdiagnose zwischen der unheilbaren und der mittelschweren heilbaren Form kann gewöhnlich erst in späterer Zeit gestellt werden; jedenfalls meistens erst nach der 8.—10., oft erst nach der 15.—20. Woche: ist um diese Zeit irgendwo an Stellen, deren Erregbarkeit erloschen war, eine Wiederkehr zu finden, also ist z. B. bei starken Strömen nach indirekter (Nerven-) Reizung wieder in irgend einem Muskel des erkrankten Gebiets eine Zuckung zu sehen, oder reagirt einer der bis dahin unerregbaren Muskeln auf den faradischen Strom direkt (wenn auch erst bei grossen Stromstärken), so ist das ein prognostisch günstiges Zeichen, ein Zeichen dafür, dass wahrscheinlich eine heilbare Form vorliegt. Je mehr Muskeln direkt oder indirekt reizbar werden, um so günstiger wird die Prognose. — Wenn aber von alledem nichts erfolgt, dann ist es von Wichtigkeit, auf die Form der galvanischen Muskelcontraction zu achten: Sinkt nämlich die galvano-muskuläre Erregbarkeit und wird dabei die früher träge Zuckung rascher, dann ist die Prognose im allgemeinen günstig (s. Tabelle, Stad. III der heilbaren completen EAR). Sinkt dagegen die galvano-musculäre Erregbarkeit, und bleibt

dabei die Zuckung andauernd träge, ja wird vielleicht noch träger, dann ist die Prognose im allgemeinen ungünstig: es handelt sich dann um die unheilbare Form der completen EAR (s. Tabelle, Stad. III der unheilbaren EAR). Freilich soll man mit dem Stellen einer ungünstigen Prognose lange Zeit warten: selbst nach 30, 40 Wochen, ja sogar nach 1 Jahre und später sieht man eine Wiederkehr der Erregbarkeit und ein Normalwerden der galvano-musculären Reaction.

Eine specielle prognostische Bedeutung.

2) Eine specielle prognostische Bedeutung kommt der EAR für einzelne Formen peripherischer Lähmungen zu. Das sind die sogen. rheumatischen Facialislähmungen und einzelne Drucklähmungen, z. B. die Radialisschlaflähmung etc. Die Lähmungen dieser Art sind fast alle heilbar, und man kann 3 Gruppen von ihnen unterscheiden:

a) Lähmungen ohne EAR: heilen meist in 2—3 Wochen.
b) Lähmungen mit partieller EAR: heilen in etwa 6—12 Wochen.
c) Lähmungen mit completer EAR (es handelt sich da gewöhnlich um die mittelschwere Form): brauchen etwa 6—9—12 Monate bis zur Heilung.

In allen solchen Fällen kann man meistens bereits am Ende der 1., bezw. in der 2. Woche dem Patienten seine Prognose sagen: findet man um diese Zeit normales elektrisches Verhalten, dann handelt es sich um einen Fall aus Gruppe a, der in 2—3 Wochen gewöhnlich gehoben ist. Ist um diese Zeit partielle Entartungsreaction nachzuweisen, dann pflegt nach 8 Wochen das Leiden abgelaufen zu sein. Ist dagegen die indirekte Erregbarkeit und die direkte faradische erloschen bei gleichzeitigem Bestehen galvano-muskulärer Entartungsreaktion, dann vergehen mindestens 6—9 Monate, bis die Heilung erfolgt.

Abweichungen vom Schema.

3) Während die meisten Fälle spinaler und bulbärer (besonders progressiver) Erkrankungen, sowie die traumatischen und rheumatischen Läsionen der peripherischen Nerven in eins der oben gegebenen Schemata sich unterordnen lassen, und demnach bei ihnen das elektrodiagnostische Verfolgen vorhandener degenerativer Veränderungen für Diagnose und Prognose ein werthvolles Hülfsmittel abgiebt, lässt uns das Schema bei einzelnen Krankheitsformen (namentlich bei vielen Neuritiden — fortgeleiteten, toxischen oder infectiösen — bei den Meningitiden etc.) nur allzu häufig im Stich. — Zwar kann es cum grano salis auch für diese Fälle meistens verwerthet werden, und besonders der prognostische Unterschied zwischen der completen und partiellen Form der EAR ist auch hier in der Regel nachzuweisen. Aber im Ablauf bieten diese Fälle soviel Unregelmässigkeiten, die

zum Theil von äusseren Zufälligkeiten (Fortwirken oder zeitweisem Ausgeschaltetwerden toxischer Einflüsse etc.) abhängen, dass sich eigentliche Typen für den Ablauf dieser Erkrankungen nicht gut aufstellen lassen. (Über Bleilähmung s. S. 66 Anm.).

Die aktive Beweglichkeit.

4) Der Verlust oder die Störung der activen Muskelbeweglichkeit durch Willensimpulse geht bei Lähmungen mit den elektrischen Veränderungen ebensowenig völlig synchron, wie die event. Wiederkehr dieser Beweglichkeit. Bald ist zuerst die Lähmung da, und die elektrischen Veränderungen folgen dieser erst, (so tritt z. B. meistens bei traumatischen Lähmungen unmittelbar nach dem Trauma Unbeweglichkeit, aber erst Tage lang nachher EAR ein); bald andererseits verkündet eine elektrische Veränderung in einem sonst anscheinend intacten Muskel den Beginn der Paralyse oder Parese des Muskels lange Zeit voraus (z. B. mitunter bei progressiven spinalen, bei Bleilähmungen u. s. w.): in solchen Fällen ist natürlich der elektrische Befund von besonderer Bedeutung. — Bei den einer Regeneration fähigen Prozessen pflegt meistens die Willensinnervation früher wiederzukehren als die Reaction auf den elektrischen Reiz; doch kommen hier zahlreiche Abweichungen vor.

Partielle Lähmungen.

In vielen Fällen sind im Gebiete eines gelähmten Nerven nicht alle Muskeln — oder doch nicht alle in gleich hohem Grade — von der Lähmung betroffen, und zeigen demnach auch die verschiedenen Muskeln ganz verschiedenes, elektrisches Verhalten. Das ist leicht begreiflich, wenn man an einen myogenen, gleichsam von Muskel zu Muskel fortkriechenden, oder an einen die Muskeln direkt treffenden Prozess, z. B. ein Trauma, denkt. (Die elektrischen Veränderungen in solchen Fällen werden übrigens, wie oben S. 61 ausgeführt, gewöhnlich rein quantitativer Natur sein.) — Schwerer verständlich könnte das Vorkommen partieller Lähmungen sein, wenn es sich um Erkrankung eines peripherischen Nerven oder des Centralorgans handelt.

Folgende anatomische Daten werden das Verständniss für diese Thatsache erleichtern:

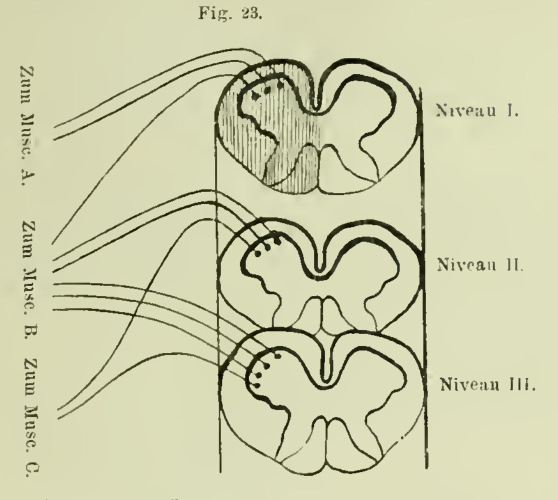
Die Lokalisation im Rückenmark.

1) Die spinalen motorischen Vorderhornzellen, von denen aus die Bewegungsimpulse zu irgend einem bestimmten Körpermuskel geleitet werden, liegen nicht in einem einzigen Höhenniveau des Rückenmarks; es ist vielmehr die centrale Zellenvertretung eines einzigen Muskels oft über eine ganze Reihe von Querschnittssegmenten vertheilt.

2) In einem und demselben Höhenniveau finden sich andererseits oft mehrere verschiedene Körpermuskeln durch Zellen vertreten.

Die beistehende schematische Figur (Fig. 23) soll die aus diesen Thatsachen sich ergebenden Folgerungen erläutern:

Fig. 23.




Schema der Rückenmarks-Localisation.

Nehmen wir als Beispiel einen Nervus x, so sehen wir an der schematischen Zeichnung, dass dieser Nerv seine Fasern aus 3 Höhenniveaus bezieht: Niveau I, II. und III. Das Niveau I. entsendet erstens Fasern zu einem Musculus A, der sonst von nirgend woher weitere Fasern bezieht, und zweitens eine Faser zu einem Musc. B, der die grosse Menge seiner Fasern aus Niveau II. und III. bezieht. Niveau II. entsendet ausserdem noch eine Faser zu einem Musc. C, der noch eine weitere Faser vom Niveau III. erhält. — Nehmen wir nun an, ein Krankheitsherd zerstörte das Niveau I. halbseitig, dann müsste der Musculus A völlig entarten, da alle ihn versorgenden Zellen und Fasern degeneriren würden; der Musc. B. würde ebenfalls geschädigt werden, aber so wenig, dass bei der Menge seiner, von andersher bezogenen Fasern sich functionell und elektrisch entweder ein wesentlicher Faserausfall überhaupt nicht würde constatiren lassen, oder dass doch die Veränderungen nur geringfügiger Natur sein würden; der Musc. C würde gänzlich intakt bleiben. — Wenn man in einem solchen Falle den Stamm des Nervus x elektrisch reizen würde, dann würde man in dem von ihm versorgten Gebiet zwar Muskelcontractionen auf beide Stromesarten erhalten, aber nicht alle Muskeln würden zucken, sondern nur Musc. B und C, während im Musc. A keine Contractionen erfolgen würden. Wenn man nun die einzelnen Muskeln direkt elektrisch reizte, so fände man, dass der Musculus A faradisch unerregbar wäre und galvanomuskuläre EAR zeigt; im Musc. B fände man entweder gänzlich normales Verhalten oder leichte quantitative Herabsetzung der Erregbarkeit, resp. herabgesetzte faradische Erregbarkeit bei galvanomuskulärer EAR (partielle EAR); der Musc. C würde keinerlei Veränderung zeigen. — Man hätte also im Gebiete des Nervus x 3 Muskeln; von denen zeigte der eine, Muscul. A, complete EAR (er ist indirekt und faradisch direkt unerregbar und hat galvanomuskuläre EAR); der andere, Musc. B, normales Verhalten oder einfache Herabsetzung oder partielle EAR; der dritte, Musc. C, normales Verhalten. —

Solche partielle Lähmungen eines Nervengebietes, bei welchen die einzelnen, von diesen Nerven versorgten Muskeln untereinander ein ganz verschiedenes nutritives, functionelles und elektrisches Verhalten zeigen, sind ausserordentlich häufig. Besonders finden sie sich bei Erkrankungen, die die Ursprungszellen peripherischer motorischer Neurone betreffen, also vorzüglich bei spinalen (oder auch bei bulbären) Leiden. So ist es z. B. bei der Poliomyelitis acuta der Kinder ein sehr gewöhnliches Vorkommniss, dass bei dem „Beintypus" dieser Krankheit in dem am meisten befallenen Peroneusgebiete ein Muskel, z. B. Tibialis anticus, complete EAR zeigt, dagegen die andern Muskeln nur mehr oder minder leichte Schädigungen darbieten oder völlig intakt bleiben; mutatis mutandis trifft dies für viele andere Fälle spinaler Erkrankungen zu.

Aber auch bei Verletzungen oder andern Erkrankungen der peripherischen Nervenfasern ist es garnicht selten, dass nicht alle Fasern des Nerven in gleicher Weise erkranken, obwohl bei dem relativ geringen Querschnitt der Nervenstämme ein partielles Ergriffensein derselben schwieriger sein muss als ein partielles Erkranken der räumlich weit getrennten Ursprungszellen im Vorderhorn. — Bei den Fasererkrankungen sind es namentlich die toxischen Lähmungen, die eine Art Auswahl unter den Muskeln eines bestimmten Nervengebiets treffen; so erkranken beispielsweise bei der Bleilähmung vom Radialisgebiet meist nur einige Muskeln: die Strecker und Abductoren des Daumens, und die Supinatoren (mitunter auch der Ext. carpi ulnaris) bleiben in der Regel frei und von der Lähmung verschont. In diesen Fällen wird man vom N. radialis aus bei elektrischer Reizung zwar Zuckungen erhalten, aber nur Zuckungen einiger, nicht aller vom Radialis versorgter Muskeln; und in diesen, indirekt unerregbaren Muskeln wird man verschiedene, bald schwere, bald leichte elektrische Veränderungen finden können. Diese partiellen Lähmungen mit EAR (completer oder partieller) eines oder einiger Muskeln im erkrankten Gebiete darf der Anfänger nicht mit partieller EAR verwechseln.

Dasselbe, was sich bei der Bleilähmung und andern toxischen Paralysen findet, ist auch sonst bei peripherischen Fasererkrankungen, also z. B. den rheumatischen und traumatischen, anzutreffen*).

Häufig freilich, wenn man an einem erkrankten Nervengebiete in verschiedenen Muskeln ein verschiedenes elektrisches Verhalten sieht, — z. B. in einigen complete, in anderen partielle EAR oder dergl., — ist das ein Zeichen beginnender Regeneration: In

*) Besonders oft findet es sich bei den angeborenen oder in frühster Kindheit erworbenen Facialislähmungen, von denen ein Theil sicherlich fibrillären Ursprungs ist. (s. S. 65).

diesem Stadium ist ja ein Wiederkehren vorher erloschener Erregbarkeit gradezu die Regel; und dieses Wiederkehren geschieht gewöhnlich so, dass sich eine oder die andre Faser früher erholt als die übrigen. Oft aber ist ein partielles, mehr oder weniger vollkommenes Verschontbleiben einzelner Muskeln, dem auch ein analoges elektrisches Verhalten entspricht, bei Fasererkrankungen dieser Art gleich von Anfang an vorhanden.

Für jeden Untersucher, besonders für den Anfänger, ergiebt sich aus dem Gesagten, dass es nöthig ist, bei jeder elektrischen Prüfung 1) direkt womöglich alle Muskeln eines erkrankten Gebiets zu untersuchen, 2) bei indirekter Reizung (vom Nerven aus) immer darauf zu achten, ob auch alle von diesem Nerven versorgten Muskeln sich contrahiren, oder ob die Wirkung einiger ausbleibt: letzteres erkennt man in vielen Fällen am fehlenden Vorspringen der betr. Muskelkonturen oder am Ausfall der betr. Muskelfunction aus der Gesammtaction, die auf die Nervenreizung erfolgt.*)

### Anhang zur EAR.

Es sind noch einige Vorkommnisse besonders zu erwähnen, die bei der EAR gelegentlich beobachtet werden, ohne jedoch Anspruch auf besondere diagnostische oder prognostische Bedeutung zu haben. Sie müssen nur genannt werden, weil sie in manchen Fällen auffallen und stutzig machen könnten:

Es war bisher von einer trägen Zuckung als Zeichen der EAR immer nur bei der direkten Muskelreizung die Rede und zwar bei Reizung mit dem galvanischen Strom. Nun kommen aber

1) Fälle vor, in denen auch bei indirekter Reizung die galvanische Zuckung trägen Charakter zeigt. Das können natürlich nur Fälle von partieller EAR sein.**) Solche Fälle von partieller EAR mit indirekter (oder obligater) Zuckungsträgheit sind besonders bei peripherischen Fasererkrankungen nicht selten zu beobachten. Indirekte Zuckungsträgheit.

---

*) So wird, um bei obigem Beispiel zu bleiben, bei einem Ausfall des M. tibial. ant. infolge Poliomyelitis anterior acuta auf elektrische Reizung des N. peroneus eine Contraction der Peroneusmuskulatur erfolgen; aber erstens wird die Contur des Tib. ant. nicht vorspringen, und zweitens wird die Dorsalflexion des Fusses, die normaliter durch Peroneusreizung grade aufwärts erfolgt, in diesem Falle nach aussen oben geschehen: nur der äussere Fussrand wird gehoben werden, der innere nicht, woraus man leicht erkennen wird, dass der Heber des inneren Fussrandes fehlt, das ist der Tib. anticus. —

**) Entweder der partiellen EAR sensu strictiori, oder desjenigen Stadiums completer EAR, das der partiellen ähnlich sieht, also des Stadiums regenerationis oder des Initialstadiums. Auch diese Stadien der completen EAR bezeichnet man gelegentlich mit dem Namen „partielle EAR“

Anm. Man muss aber mit der Diagnose der „indirekten Zuckungsträgheit“ sparsam umgehen: wenn nämlich, wie z. B. beim N. facialis, der Nervenstamm den von ihm versorgten Muskeln sehr benachbart ist, so kann beim Versuche der Nervenreizung trotz thatsächlicher gänzlicher Unerregbarkeit des Nerven durch Stromschleifen auf die (im Stad. II) sehr erregbaren Muskeln eine indirekte träge Zuckung vorgetäuscht werden; nur wenn der Nerv von dem Muskel, der bei indirekter Reizung träge zuckt, weit entfernt ist, (wie z. B. der Ext. dig. comm. brevis vom N. peroneus) kann die gesehene Zuckungsträgheit als wirklich indirekte angesprochen werden; im anderen Falle sind Controlversuche nötig.

Faradische EAR.

2) sind gelegentlich auch faradisch träge Zuckungen in entarteten Muskeln zu beobachten: der faradische Tetanus beginnt nicht, wie in der Norm, mit einem Ruck, und endet auch nicht, wie in der Norm, sofort mit der Stromöffnung, sondern — ähnlich wie bei der galvanischen EAR — schleicht die tetanische Zuckung langsam ein, und ebenso langsam wieder erschlafft der contrahirte Muskel. Man hat das als faradische EAR beschrieben, (deren Ähnlichkeit mit der galvanischen auch darin besteht, dass die faradische Erregbarkeit in solchen Fällen gesteigert sein kann.) Die Fälle sind selten, kommen aber zweifellos vor.

Auch hier muss vor Verwechselungen gewarnt werden: Bei Muskeln nämlich, die willkürlich oder unwillkürlich (durch Contracturen z. B.) gespannt werden, wird oft eine träge faradische Zuckung vorgetäuscht dadurch, dass der gespannte Muskel auf den elektrischen Reiz erst allmählich, unter langsamem Nachlassen der Spannung, nachgiebt. Diese faradische „Pseudo“=Zuckungsträgheit hat mit der eben erwähnten sogen. faradischen EAR nichts zu thun. Der Anfänger muss sich nur daran halten, dass träge faradische Zuckungen nicht häufig sind.

Ausnahmen vom Gesetz der EAR.

Zum Schlusse dieses Capitels soll noch einmal auf etwas recurrirt werden, was schon früher andeutungsweise behandelt worden ist. Es betrifft Ausnahmen vom Gesetze der EAR. S. 62 wurde erwähnt, dass EAR in einigen Fällen myopathischer Muskelatrophie gefunden worden ist, also bei einer Erkrankung, deren Sitz ausserhalb der peripherischen motorischen Neurone, in den Muskeln angenommen wird. Auch in Fällen von Erkrankung centraler motorischer Neurone, bei cerebralen Hemiplegien nämlich, wird in den gelähmten Muskeln EAR hier und da beobachtet. Es könnte demnach scheinen, als ob das „Gesetz der EAR“ (s. S. 58) nicht ohne Einschränkung gelte. Thatsächlich ist bisher dieser Schluss nicht gezogen worden: jene Fälle von Dystrophie mit EAR haben vielmehr — umgekehrt — zu der Vermuthung geführt, dass die Dystrophien alle oder zum Teil nicht muskulärer Genese sein, sondern spinalen (Vorderhorn-)Erkrankungen ihren Ursprung verdanken mögen: und für jene Hemiplegien, die mit EAR auftreten, wird ein „secundäres Miterkranken der Vorderhörner“ angenommen, auf dessen Rechnung die Entartungserschei-

nungen zu setzen wären. — Ob diese Erklärungen richtig sind, ob nicht vielleicht aus diesen, höchst interessanten Fällen später andere Schlüsse zu ziehen sein werden, lässt sich zur Zeit nicht erörtern. Soviel steht jedoch fest — und besonders der Anfänger sollte trotz der erwähnten Fälle daran festhalten —, dass es eben nur Ausnahmen und zwar sehr seltene Ausnahmen sind, und dass für die überwiegende Mehrzahl der Fälle die EAR ein sicheres, fast untrügliches local-diagnostisches Zeichen im angeführten Sinne bildet.

---

## 2. Andere quantitativ-qualitative Veränderungen.

In manchen Fällen von Muskelatrophie, unabhängig davon, ob es degenerative oder einfache Atrophien sind, kommen gewisse Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit vor, die sich theils aus quantitativen, theils aus qualitativen Momenten zusammensetzen, und die — obwohl sie nicht sehr wichtig sind, — am besten im Anschluss an die Entartungsreaktion besprochen werden können. Diese Veränderungen, die einen lokaldiagnostischen Schluss, — wie besonders hervorgehoben zu werden verdient, — nicht zulassen, sondern nur für Vorhandensein von Muskelschwäche überhaupt sprechen, sind:

Die herabgesetzte Maximal-contraction.

1. Die Herabsetzung der Maximalcontraction und die bündelweise Zuckung. Während wir bisher immer zur Feststellung der Erregbarkeit eines Muskels seine Minimal-Contraction benutzt, und die Stromstärke, bei der diese eintritt, mit derjenigen verglichen haben, bei der symmetrische Muskeln oder dieselben Muskeln gesunder Personen zucken, ist es doch bei atrophieverdächtigen Muskeln gelegentlich auch von Interesse zu beobachten, wie sich die Zuckung verhält, wenn man den Strom, von minimalen Stärkegraden anfangend, immer kräftiger werden lässt. Man sieht dann im normalen Muskel, dass die faradische Zuckung — der faradische Tetanus — immer intensiver wird, bis zu einer gewissen oberen Grenze, über die hinaus eine Verstärkung der Contraction nicht eintritt; und dass die galvanische Zuckung (Ka SZ) allmählich in den Tetanus übergeht, der seinerseits wiederum immer kräftiger wird bis zu einer oberen Grenze. Dasselbe sieht man auch an atrophischen und an degenerirenden Muskeln — mutatis mutandis. — Es giebt aber Fälle, in denen selbst bei stärksten Strömen der Muskel gewissermassen nicht über die minimale Contraction hinauskommt: er zuckt bei starken Strömen nicht anders und nicht kräftiger als bei schwachen. Das ist ein Zeichen von Schwäche des Muskels. Dasselbe kann praktisch von

Interesse sein, wenn der Verdacht auf simulirte Muskelschwäche (bei der gutachtlichen Thätigkeit des Arztes) vorliegt, oder wenn es sich in Fällen progressiver Atrophie in functionell noch intakten Muskeln findet. —

Bündelweise Zuckung.

Mit dieser Reaktions-Anomalie quantativer Natur ist oft eine qualitative vereint, die bündelweise Zuckung: der betreffende Muskel contrahirt sich bei der Reizung nicht in toto, auch nicht zu einem beträchtlichen Theil, wie das normaliter geschieht; sondern es ziehen sich nur wenige Bündel zusammen, die dann als schmale, wenig prominente Leiste sichtbar werden. Die bündelweise Contraction muss nicht mit der Herabsetzung der Maximalzuckung verbunden sein. Beide Abnormitäten kommen getrennt vor; und beide Abnormitäten — einzeln oder gemeinsam — können sich ausserdem mit einer der Formen der EAR verbinden. Aus den beiden genannten Störungen an sich lässt sich auf die Art der vorliegenden Atrophie kein Schluss ziehen.

Myoklonische Contractionen

2) Die myoklonischen Contractionen; von ihnen gilt dasselbe, wie von den genannten Abweichungen: auch sie beweisen nichts als Vorhandensein von Schwäche resp. Atrophie, sie haben keine lokaldiagnostische Bedeutung, und kommen mit andern Anomalien, (besonders oft mit der bündelweisen Zuckung) vereint vor. Sie bestehen darin, das der faradische Strom keinen Tetanus, sondern nur mehrere einzelne, gewissermassen klonische Zuckungen der Muskelsubstanz hervorruft, die während der Dauer des Stromschlusses mehr oder weniger rasch aufeinander folgen.

Wenn eine von diesen Veränderungen gefunden wird, ist es zweckmässig, in der Protokoll-Tabelle eine entsprechende Bemerkung darüber einzufügen, also z. B.

| | Rechts. | | Links. | |
|---|---|---|---|---|
| | farad. | galvan. | farad. | galvan. |
| m. deltoideus vord. Portion. | 100 mm RA (herabgesetzte Maximalcontraction, bündelweise u. myoklonisch) | ... ... | 100 mm RA (normal). | |

---

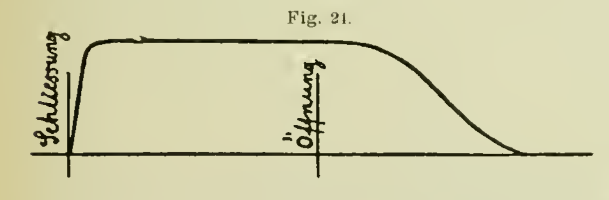
c) Die rein qualitativen Veränderungen.

Die rein qualitativen Veränderungen der Reaction der Muskeln und motorischen Nerven sind selten und können in Kürze besprochen werden. Bisher sind bekannt:

Myotonische Reaktion.

1) *Die myotonische Reaktion.* Bei der *Myotonia congenita* (*Thomsen*'schen Krankheit), deren Hauptsymptom bekanntlich darin besteht, dass bei willkürlichen Muskelcontractionen die Contraction den Willensreiz überdauert, — die Muskelzuckung länger als beabsichtigt anhält —, findet man, dass sowohl bei mechanischer, als bei elektrischer Reizung eine entsprechende *Nachdauer der Contraction* stattfindet: Wenn man einen myotonischen Muskel beklopft, so tritt der durch das Klopfen gereizte Muskelwulst in toto hervor und bleibt noch eine geraume Zeit vorspringend sichtbar. Dasselbe tritt *bei faradischer Reizung ein*: lange nachdem der Strom geöffnet und die Elektrode entfernt ist, sieht man den contrahirten Muskel prall vorspringen und sich von der Umgebung abzeichnen. Erst ganz allmählich gleicht sich die Contraction aus. Das ist von der „trägen Zuckung" der EAR wohl zu unterscheiden: die myotonische Zuckung beginnt mit einem Ruck, die träge Zuckung schleicht ganz allmählich ein; die myotonische Zuckung tritt fast nur bei faradischer Reizung (viel seltener bei galvanischer), die träge Zuckung fast immer nur bei galvanischer (in Ausnahmsfällen bei faradischer) ein; auch dauert die träge Zuckung bei weitem nicht so lange, wie die myotonische in ausgesprochenen Fällen. Wer sie einmal gesehen hat, erkennt sie sofort wieder und verwechselt sie nicht.

Fig. 21.




Diese, für die Myotonie pathognomonische, Veränderung sieht man besonders bei *direkter Muskelreizung*, seltener bei Nervenreizung. Die quantitativen Verhältnisse sind dabei ganz normal; nur ab und zu ist die galvanische Erregbarkeit erhöht.

Bei derselben Krankheit findet man gelegentlich die *Erb'schen Wellen*, eine weitere qualitative Abnormität: wenn man einen galvanischen Strom grösserer Stärke durch den myotonischen Muskel leitet und die Elektroden bei geschlossenem Strom sitzen lässt, sieht man wellenförmige Bewegungen in dem erkrankten Muskel, die von der Kathode ausgehen und über den Muskelbauch nach der Anode fortschreiten. —

Eine Art Gegenstück zur myotonischen Reaktion ist

Myasthenische Reaktion.

2) die *myasthenische Reaktion* (*Jolly*), wahrscheinlich pathognostisch für die *Myasthenia gravis pseudoparalytica* (oder asthenische Paralyse). Das Hauptsymptom dieser Erkrankung ist das der *Ermüdbarkeit*: eine mehrmals wiederholte willkürliche Bewegung gelingt nach jeder Wiederholung schlechter und wird schliesslich unausführbar. — Eine solche Ermüdung ist auch für den elektrischen

Reiz nachweisbar: reizt man einen myasthenischen Muskel, nachdem er geruht hat, mit dem faradischen Strom, so tritt bei der ersten Reizung ein normaler Tetanus ein, bei jeder folgenden Reizung wird der Tetanus kürzer und weniger intensiv, und schliesslich — nach mehreren hinter einander folgenden Erregungen — wird der Muskel unerregbar. Nach kurzer Ruhepause beginnt dasselbe Spiel von Neuem. Diese Reaktion findet sich nicht in allen Fällen von Myasthenie und kann im Verlaufe eines und desselben Falles abwechselnd fehlen und vorhanden sein. Von der myotonischen Reaktion gilt dasselbe. —

Neurotonische Reaktion.

3) Die neurotonische Reaktion. E. Remak und Marina haben je in einem Falle (Remak bei einer degenerativen, wahrscheinlich spinalen progressiven Atrophie, Marina bei einer Hysterie,) eine Veränderung der elektrischen Erregbarkeit gesehen, die sich dadurch auszeichnete, dass 1) Nachdauer der Contraction bestand, analog der bei der Myotonie beschriebenen, aber mit dem Unterschiede, dass das Phaenomen nicht bei Muskelreizung, sondern nur bei (faradischer und galvanischer) Nervenreizung zu beobachten war; und dass 2) die An OZ, sowie der Ka STe sehr früh auftraten und auch An OTe unschwer zu erzielen war. — Welche Bedeutung dieser Reaktion zukommt, ist zur Zeit noch nicht zu sagen —

## 5. Capitel:

## Die elektrische Untersuchung der Sinnesorgane und die elektrische Sensibilität.

Analog dem oben (S. 22 ff.) für den motorischen Apparat — die motorischen Nerven und die Muskeln — entwickelten Zuckungsgesetz, — welches im Wesentlichen besagt, dass dieser motorische Apparat auf die Ka S am leichtesten, auf die An O und An S etwas schwerer, und am schwersten auf die Ka O reagirt, — ist es gelungen (Brenner, Remak u. a.) nachzuweisen, dass auch der sensorische Apparat, nämlich die höheren Sinnesorgane — Auge und Ohr — in gesetzmässiger Weise auf die einzelnen Reizmomente antworten; und zwar wiederum am leichtesten auf die Ka S; schwerer auf die An O; am schwersten, resp. garnicht, auf Ka O und An S. — Die Reaktion dieser Organe tritt (übrigens nicht bei allen Personen) ein, wenn man, wie bei der Muskelreizung, eine indifferente Elektrode irgendwohin, (etwa auf das Sternum), eine Reizelektrode von kleinerem Querschnitt auf das Auge oder Ohr direkt aufsetzt, diese Reizelektrode mittels des Stromwenders bald zur An, bald zur Ka macht, und bei ver-

Das elektrische Klang- und Lichtbild-Gesetz.

schiedenen Stromstärken des galvanischen Stroms Schliessungen und Öffnungen ausführt. Die Reaktion äussert sich beim Auge in einem, gewöhnlich farbigen, Lichtbild, beim Ohr in einem Klang. Man kann also, wie man für den Muskelapparat ein Zuckungsgesetz aufgestellt hat, für das Auge ein Lichtbild-Gesetz, für das Ohr ein Klang-Gesetz beobachten; der Ka SKl (Klang) und das Ka SB (Bild) treten normalerweise bei den schwächsten Strömen ein. —

Auch für Geruch und Geschmack ist Ähnliches gefunden. — Während aber das Muskelzuckungsgesetz für gewisse pathologische Zustände eine — wenn auch nicht grade grosse — Bedeutung hat (s. die „Umkehr des Zuckungsgesetzes" im Capitel „Entartungsreaction"), sind die anfangs gehegten Erwartungen, dass es sich mit dem Klang- und dem Bild-Gesetz ähnlich verhalten könnte, bisher nicht in Erfüllung gegangen: es giebt zwar Fälle, in denen Abweichungen von diesen Gesetzen vorkommen, aber es giebt keinen Fall, in welchem eine Abweichung die Diagnosen- oder Prognosen-Stellung ermöglichte oder in nennenswerther Weise erleichterte. — Es soll daher hier auf diese Dinge, da sie für den Praktiker gleichgiltig sind, nicht eingegangen werden.

Etwas anders verhält es sich mit der elektrischen Untersuchung der Hautsensibilität. Diese Untersuchung, der eine praktische Verwendbarkeit nicht abzusprechen ist, unterscheidet sich gänzlich von den vorhererwähnten; sie prüft nämlich nicht die Reaction der Haut auf den galvanischen*), sondern die auf den Inductionsstrom, und es ist keine qualitative Untersuchung wie beim Auge und Ohr, (wobei etwa die Reizwirkung der verschiedenen Stromschwankungen in Betracht zu ziehen wäre); es handelt sich hier vielmehr um ein rein quantitatives Moment, nämlich um die Thatsache, dass bei Application des faradischen Stroms auf die Haut bei einer gewissen geringen Stromstärke normalerweise eine Sensation, ähnlich dem bekannten Gefühl des „Ameisenlaufens" oder „Kriebelns", auftritt, welches sich bei allmählicher Verstärkung des Stroms bis zur Schmerzhaftigkeit steigert. Es kann demnach, ähnlich wie am Muskel eine Minimalcontraction, an der Haut eine Minimal-Empfindung für den faradischen Strom festgestellt werden. Diese Empfindung wird unter pathologischen Bedingungen Veränderungen (Herabsetzung, Erhöhung oder Erlöschen) erleiden können.

Die farado-cutane Sensibilität.

Die Empfindlichkeit der Haut für den faradischen Strom — die farado-cutane Sensibilität — ist eine Sensibilitätsqualität für sich, die mit keiner der übrigen Qualitäten, insbesondere auch nicht mit der Schmerzempfindung, identisch ist. Es muss dahinge-

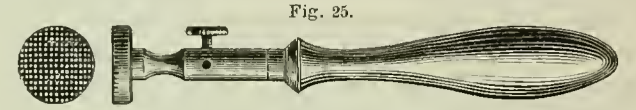
*) Bernhardt hat übrigens auch Versuche mit galvanischer Prüfung angestellt.

stellt bleiben, ob sie von besonderen Fasern geleitet wird oder — was wahrscheinlich ist, — nur eine besondere Reactionsform gewisser, auch anderweitig verwendeter Fasern darstellt.

Man prüft die farado-cutane Hautsensibilität in folgender Weise: der Patient sitzt am besten, den Rücken dem Apparat zugekehrt. Eine grosse, indifferente, gut durchfeuchtete Plattenelektrode wird irgendwo in der Mittellinie des Körpers festgehalten; auf die Körperstelle, deren elektro-cutane Sensibilität geprüft werden soll, wird eine (unüberzogene) Elektrode von kleinem Querschnitt aufgesetzt.

Man bedient sich dazu darum einer unüberzogenen, unbefeuchteten Metallelektrode, weil an einer solchen der Hautwiderstand nicht überwunden wird, also keine oder doch nur wenige Stromschleifen in die tiefer liegenden Gewebe eindringen und demgemäss die Oberfläche der Haut, die ja eben untersucht werden soll, von einem sehr dichten, nämlich fast von dem gesamten, Strom getroffen wird. Es sind besondere Elektroden für den Zweck der Sensibilitätsuntersuchung construirt; die bekannteste ist Erb's

Fig. 25.



„Sensibilitätselektrode“ (Fig. 25), deren platte Metallfläche den Querschnitt eines Bündels von mehreren hundert dünnen Drähten darstellt; man kann sich aber im Nothfalle auch einer gewöhnlichen Bürsten- oder Pinselelektrode bedienen.

Indem man dann die Elektrode auf der zu prüfenden Stelle unverschoben sitzen lässt und den faradischen Strom einleitet, schiebt man die secundäre Rolle des Inductionsapparates, beim grösstmöglichen Rollenabstande (also beim schwächsten Strome) beginnend, ganz langsam über die primäre vor, und giebt dem Patienten auf, in dem Moment, in welchem er das erste leise Kriebeln an der untersuchten Stelle fühlt, „jetzt!“ zu sagen. Man muss die Patienten darauf aufmerksam machen, dass es nicht darauf ankommt, ob sie einen Schmerz vom Strom empfinden, sondern, ob sie überhaupt eine leise Empfindung haben. Das wird oft übersehen, und dadurch entstehen falsche Resultate.

Den Rollenabstand, bei dem die Minimalempfindung eintritt, notiert man, und die untersuchte Körperstelle markiert man sich, z. B. mit einem Farbstift. Sodann wiederholt man — ev. nach einer gewissen Pause — die Untersuchung in derselben Weise noch ein- oder mehrere Male und vergleicht die einzelnen Resultate. Sodann verfährt man in gleicher Weise mit der correspondirenden Stelle der andern Körperseite. Die Ergebnisse auf beiden Seiten stimmen bei normalem Verhalten meistens ganz genau, wenigstens aber bis auf wenige mm RA, überein.

In pathologischen Fällen einseitiger Gefühlsanomalien hat man

an der Differenz der Rollenabstände zwischen den symmetrischen Stellen beider Seiten ein zählbares Mass für eine vorliegende Sensibilitätsstörung. In solchen Fällen hat dann die elektrocutane Untersuchung erstens den Vorteil der Exactheit bei der Statusaufnahme; zweitens den grösseren Vorteil, im Verlaufe eines Krankheitsprozesses die Veränderungen einer vorhandenen Gefühlsabnormität zum Guten oder zum Schlechten mittels eines empfindlichen Reagens verfolgen zu können. Für doppelseitige Erkrankungen ist die Methode höchstens im zweitgenannten Sinne zu verwerten. Man darf aber nicht vergessen, dass der Inductionsapparat nicht, wie der galvanische, konstant vergleichbare Zahlen in einem absoluten Masse bietet, und dass er sich im Laufe der Zeit durch Abnutzung erheblich verändert.

Eine weitere, oft nicht wertlose Verwendung findet die elektrische Sensibilitätsprüfung zu gutachtlichen Zwecken. Wenn Personen, die nach der Krankenkassen-, Unfall-, oder Invaliditäsgesetzgebung resp. auf Grund privater Übereinkunft für ein vorhandenes Leiden zu entschädigen sind und der ärztlichen Begutachtung unterstehen, während der Untersuchung (wie das oft geschieht) angeben, dass sie Senssibilitätsstörungen für irgendeine der Gefühlsqualitäten haben*), so wird es für den Gutachter, da die Angaben der interessirten Personen unwahr sein könnten, wünschenswert sein, einen Weg zur objektiven Kontrolle jener subjektiven Angaben zu haben. Eine Art Kontrolle in diesem Sinne, wenn auch keine sichere, bietet die farado-cutane Prüfung in manchen Fällen der Art: ein Simulant oder Aggravant wird auch bei dieser Gefühlsuntersuchung gelegentlich zu täuschen versuchen und die Minimalempfindung bei höherer Stromstärke angeben, als er sie thatsächlich hat. Eine mehrmalige Nachprüfung an der gleichen Körperstelle (während der Untersuchte dem Apparat den Rücken zukehrt) enthüllt dann die Täuschung meist prompt, da die einzelnen Angaben unter einander, besonders wenn man Pausen dazwischen schiebt, nicht übereinstimmen werden. — Freilich ist ein solcher Entlarvungsversuch nur bei positivem Resultate zu verwerten; es giebt Störungen im Gebiete der übrigen Sensibilitätsqualitäten, bei denen die farado-cutane Qualität nicht nachweisbar gelitten hat, sodass jemand sehr wohl thatsächlich Hautgefühlsanomalien haben und doch am faradischen Apparat die normale Minimalempfindung zeigen kann.

Steigerung der elektro-cutanen Sensibilität ist bei Tetanie gefunden worden.

---

*) Besonders oft werden solche Störungen von Leuten vorgegeben, bei denen es sich um die Frage des Vorhandenseins einer functionellen Nervenkrankheit handelt: die hysterische „halbseitige Hypaesthesie“ ist in den Kreisen der Winkelkonsulenten und der von ihnen Berathenen wohlbekannt.

Schliesslich sei erwähnt, dass es ausser der elektro-cutanen Sensibilität auch eine elektro-muskuläre giebt, die bei hohen Stromstärken sich als schmerzhaftes Contractionsgefühl in den Muskeln bemerkbar macht. In wieweit dieselbe überhaupt mit dem Gefühl elektrisch erzielter Muskel-contraction identisch ist, soll hier nicht erörtert werden. Thatsache ist, dass in pathologischen Fällen, in denen die faradische Muskelerregbarkeit erloschen oder stark herabgesetzt ist, also z. B. bei einer peripherischen oder spinalen Lähmung, trotzdem Sensibilitätsstörungen mit den üblichen Methoden nicht nachweisbar sind, oft viel höhere Stromstärken von den Patienten ohne Schmerzreaction ertragen werden als in der Norm. Das ist darauf zurückzuführen, dass der Schmerz bei jeder starken faradischen Muskelreizung sich aus zwei Componenten zusammensetzt, dem elektro-cutanen und dem elektro-muskulären Schmerz. Wenn der muskuläre dadurch gänzlich oder fast gänzlich ausfällt, dass — wie z. B. bei peripherischer Lähmung mit erloschener Erregbarkeit — eine Muskelcontraction überhaupt nicht stattfindet, so ist es leicht verständlich, dass hier erst stärkere Ströme als in der Norm Schmerzen verursachen können.

Die elektro-muskuläre Sensibilität.

---

## 6. Capitel.

## Der Leitungswiderstand.

Obwohl die Prüfung des Leitungswiderstands (L. W.) und seine Störungen für den Anfänger und Praktiker nur geringe Bedeutung haben, soll doch der Vollständigkeit halber das Hauptsächlichste darüber im folgenden besprochen werden.

Der menschliche Körper bietet dem elektrischen Strom Widerstände; das ist schon oft erwähnt worden. Ausser dem Körper treten bei der Application des Stromes zu unsern Zwecken dem Strom noch entgegen: die Widerstände des Elementes selbst, die der metallischen Leitungsteile und ganz besonders — in unsern Apparaten — die Neusilberwiderstände des Rheostaten, mehr oder weniger zahlreich, je nach dem Stand der Rheostatenkurbel. Je grösser der Widerstand ist, den der Strom auf seinem Wege vom Element, z. B. zu einem Muskel, findet, um so geringer wird ceteris paribus (d. h. bei gleicher Elementenanzahl — gleicher elektromotorischer Kraft) die Stärke des Stromes sein, der auf jenen Muskel einwirken soll. $J = \frac{E}{W}$; umgekehrt $W = \frac{E}{J}$. (s. S. 5.)

Für manche Fälle ist es interessant, zahlenmässig festzustellen, wie gross speziell der Körperwiderstand gegen den Strom ist, weil unter gewissen physiologischen und pathologischen Bedingungen Veränderungen dieses Widerstands eintreten. Wir haben, wie schon oben gesagt, für den elektrischen Widerstand ein Einheitsmass, mittels dessen man ihn in Zahlen ausdrücken kann, nämlich das Ohm (s. S. 6).

Eine Methode der Widerstands-Untersuchung.

Wie berechnet man nun in einem speziellen Falle den Körperwiderstand? Das geschieht — mittels der sogenannten „Substitutionsmethode" — nach folgender, sehr einfacher Erwägung:

Wenn man zwei Elektroden eines galvanischen Apparats befeuchtet direkt mit den Flächen auf einander legt, dann eine beliebige Anzahl von galvanischen Elementen, also z. B. 20, einschaltet und die Rheostatenkurbel so lange vorschiebt (soviel Neusilberwiderstände im Hauptkreis ausschaltet), bis das Galvanometer eine beliebige Anzahl von MA, also z. B. 4 MA, zeigt, so wird sich folgende leichte Berechnung mittels des Ohm'schen Gesetzes ergeben: $4 \text{ MA} = \frac{20 \text{ Elemente E}}{W}$.
In Worten ausgedrückt: um eine Stromstärke von 4 MA zu erzielen, braucht man bei der erwähnten Anordnung einen bestimmten Bruchtheil der elektromotorischen Kraft der eingeschalteten 20 Elemente, nämlich einen so grossen, wie die im Stromkreis vorhandenen Widerstände — das sind aber im wesentlichen die Neusilberwiderstände der ausgeschalteten Rheostatencontacte — betragen. An den Rheostatencontacten befinden sich nun Zahlen, nach denen man aus einer, jedem Apparat beigegebenen Rheostaten-Widerstandstabelle ohne Weiteres ablesen kann, wieviel Ohm Neusilberwiderstände noch eingeschaltet sind: wir lesen also am Rheo taten den Stand der Kurbel ab; sie zeigt z. B. auf 6: Die Widerstandstabelle sagt: „6=26000 Ohm." Bei einem Rheostatenwiderstand von 26000 Ohm geht also durch die gut befeuchteten Elektroden von jenen 20 Elementen aus ein Strom in der Stärke von 4 MA.

Schaltet man jetzt bei unverändertem Status des Apparats eine Stelle des menschlichen Körpers in den Stromkreis, indem man z. B. die Elektroden zu beiden Seiten des Vorderarms aufsetzt, so wird man sofort sehen, dass jetzt die Galvanometernadel eine geringere Stromstärke anzeigt, also z. B. $1^1/_2$ MA. J ist kleiner geworden, trotzdem E gleich geblieben ist: das kann nur sein, weil sich W vergrössert hat: der Widerstand des Körpers ist hinzu gekommen. Nun führt man solange die Rheostatenkurbel im Sinne des Uhrzeigers vorwärts — schaltet man so lange die Rheostatenwiderstände aus —, bis die Galvanometernadel wieder die frühere Stelle einnimmt, also 4 MA anzeigt. Jetzt steht die Rheostatenkurbel auf einem andern Contact, z. B. 30; die Tabelle sagt bei 30: „1090 Ohm" noch vorhandene

Widerstände: Um also trotz der Körperwiderstände eine gleiche Stromstärke erzielen zu können, wie vorher ohne dieselben, mussten noch 26000 — 1090 Ohm = 24910 Ohm Widerstände aus dem Stromkreis ausgeschaltet werden. Soviel Widerstände bietet in diesem Falle der Körper.

Es war schon gesagt worden, dass von allen Körpergeweben und Organen die Haut einen so grossen Widerstand für den Strom bietet, dass alle übrigen Körperwiderstände (und auch die Widerstände der gut leitenden Apparattheile) praktisch dagegen garnicht in Betracht kommen. Das geht so weit, dass z. B. auch die grössere oder geringere Entfernung, in der die beiden Elektroden auf der Körperoberfläche von einander abstehend appliziert sind, praktisch keine Rolle spielt gegenüber dem Hautwiderstand grade unter der Elektrode selbst (s. S. 6, Anmk.). Kommt es also darauf an, den Widerstand eines bestimmten Körperbezirks festzustellen, so wird man nur den Widerstand der Haut dieses Bezirks zu berechnen haben, und um diesen localen Widerstand am bequemsten untersuchen zu können, wird man die Elektroden beide auf diesen Bezirk setzen — den Bezirk gewissermassen zwischen die beiden Elektroden fassen.*)

Oben (S. 7) ist schon bemerkt worden — und das ist diagnostisch und therapeutisch von gewisser Bedeutung — dass der Hautwiderstand während der Dauer der Durchströmung mittels des galvanischen Stromes sich verändert: er sinkt unter der Stromeinwirkung derart, dass durch dieses Kleinerwerden von W, wie man an der Galvanometernadel ablesen kann, nach länger dauerndem Stromschluss bei feststehenden Elektroden die Stromstärke J allmählich immer grösser wird. Dieses Sinken geht natürlich nicht bis ins Unendliche, sondern es ist nach einer gewissen Zeit derjenige Punkt erreicht, bei dem die Stromstärke unverändert bleibt (relativ constanter Widerstand**) — im Gegensatz zum Anfangswiderstand).

Wenn man nun in Bezug auf physiologische Vorgänge oder pathologische Zustände vergleichbare Resultate haben will, so muss man bei oben angegebener Versuchsanordnung noch drei Dinge beachten:

1) Man notire immer die constanten (End-) Widerstände, d. h. man lasse den in beliebiger Krafthöhe gewählten Strom, also in unserm Beispiele den Strom von 20 Elementen, bei unverändertem

*) Man darf sie nur nicht so dicht nebeneinander setzen, dass sich die Elektrodenflächen berühren, da sonst der Strom direkt von Elektrode zu Elektrode geht, ohne den Körper zu treffen.

**) Den absolut constanten Widerstand eruirt man durch Einwirkenlassen starker Ströme (5 — 15 MA.)

Apparat erst eine Zeit lang einwirken, ehe man den Widerstand berechnet. Also, wenn man, wie wir annahmen, am Anfang soviel Rheostatenwiderstände ausgeschaltet hat, dass die Galvanometernadel 4 MA zeigte, dann warte man einige Minuten: während dieser Zeit wird man sehen, dass allmählich von selbst die Nadel sich weiter bewegt und $4^1/_2$, 5, 6 MA etc. anzeigt. Man warte so lange, bis man sieht, dass ein Weiterbewegen der Nadel nicht mehr stattfindet, die Stromstärke nicht mehr steigt, also der Widerstand nicht mehr sinkt. Das ist gewöhnlich etwa nach einigen Minuten erreicht Jetzt fasse man wiederum die Rheostatenkurbel, führe sie auf den anfänglichen Stand (4 MA) zurück, und berechne nun mittels der Tabelle in der angegebenen Weise den Körperwiderstand.

2) Man berechne aber auch immer den Anfangswiderstand und die Differenz zwischen diesem und dem constanten.

3) Man beachte schliesslich immer die Zeitdauer, welche der Widerstand braucht, um bis auf den Endpunkt zu sinken. —

Physiologisches vom Leitungswiderstand.

Die beiden letzten Verhältnisse sind nämlich bei verschiedenen Zuständen sehr verschieden. Bei Greisen z. B. ist vielfach der Anfangswiderstand sehr hoch, sinkt aber dann oft rasch und beträchlich. — Auch verschiedene Körperstellen verhalten sich verschieden in Bezug auf L.-W. Am besten thut man, während der ganzen Dauer einer Widerstandsuntersuchung mit der Uhr in der Hand die Galvanometernadel zu beobachten, und jede halbe Minute den Stand derselben zu notiren, bis man sieht, dass der Endstandpunkt erreicht ist.

Ausser dem Gesagten ist in physiologischer Beziehung folgendes zu bemerken:

Der Hautwiderstand ist im allgemeinen grösser

- an Hautstellen, die gewöhnlich unbedeckt sind — als an bedeckten;
- an Hautstellen mit dicker Epidermis und an behaarten Stellen — als an solchen mit zarter oder ohne Epidermis, resp. an Schleimhäuten;
- an schwitzenden oder feuchten Stellen — als an trockenen (trockene Elektroden auf trockener Haut bieten dem galvanischen Strom absoluten Widerstand*);
- an Stellen, die viele Haarbälge oder Drüsenausführungsgänge enthalten — als an anderen**).

Der Hautwiderstand kann artificiell herabgesetzt werden:

- durch Befeuchtung der Haut und der Elektroden,
- durch Durchtränkung der Haut und der Elektroden mit warmem oder Salzwasser,

*) Gegenüber dem faradischen Strom spielt der Hautwiderstand eine so geringe Rolle, dass er praktisch vernachlässigt werden kann.

**) Man muss sich hier vorstellen, dass diese Stellen den „Stromfäden“ gleichsam Pforten zum Einschlüpfen bieten.

durch Stromschwankungen (besond. Stromwendungen); und schliesslich, — wie gesagt, —
durch längere Durchströmung.

Nach dem Gesagten leuchtet ein, dass sich für den L.-W. des Körpers resp. seiner Teile bestimmte Zahlen, die als allgemeine Normen gelten könnten, nicht aufstellen lassen. Es sind Anfangswiderstände von 37500 Ohm und absolute Widerstandsminima von 1300 Ohm gefunden worden; am Kopf fand Eulenburg durchschnittlich Widerstände von 1200—1600 Ohm.

Veränderungen des L.-W.'s

Pathologisch finden sich:

a) Herabsetzungen des L.W.
beim Morbus Basedowii (rasches Erreichen der relativen Constanz);
bei hysterischer Anaesthesie (Vigouroux);
bei „traumatischen Neurosen", am Kopfe (Mann).

b) Erhöhungen des L.W. sind beschrieben
bei der Sclerodermie (locale Erhöhung der relativen Constanz)
beim Myxoedem,
bei Elephantiasis und ähnlichen Affectionen.

# Theil II. Electrotherapie.

## 7. Capitel.

### Allgemeiner Teil.

Bevor die Einzelheiten der elektrischen Behandlung bei den verschiedenen Erkrankungen und krankhaften Zuständen besprochen werden können, müssen erst zwei Vorfragen beantwortet werden, nämlich 1) besitzt die Electrotherapie überhaupt einen Heilwert? 2) event. worin besteht dieser Heilwert?

Der Heilwert des Stromes.

Von einigen Autoren und Praktikern wird der elektrischen Behandlung überhaupt jede curative Wirkung abgesprochen. Diesem absolut skeptischen Standpunkt, der sicherlich jeder Berechtigung entbehrt, steht ein anderer ziemlich nahe, nämlich der Standpunkt derjenigen, die zwar einen Heilwert zugeben, aber annehmen, dass es sich nicht um einen spezifischen, nur der Elektrizität inne wohnenden Heil-Faktor handelt, sondern dass das Wirksame der elektrischen Behandlung der psychische Faktor, im wesentlichen also die Suggestion ist. Auch namhafte Nervenärzte theilen diese Auffassung.

Wenn diese Annahme richtig ist, dann ist eine spezielle Methodik in der Anwendung des Stromes zu Heilzwecken so gut wie überflüssig. Dann würde es in der Hauptsache darauf ankommen, durch die eigenartigen Sensationen des Stromes, durch den Eindruck der complicirten Apparate, durch Erzielung möglichst auffallender Effekte (Muskelcontractionen, Lichtblitze vor den Augen, Hautrötung etc.) auf die Psyche des Patienten einzuwirken*). Dieselbe Wirkung würde sich auch durch eine ganze Reihe anderer Verfahren erreichen lassen. Ob in diesem Falle der faradische oder der galvanische Strom, die Anode oder die Kathode, grosse oder kleine Elektroden gewählt werden u. s. w., würde dann eine nebensächliche — wenn auch vielleicht nicht gänzlich ausser Acht zu lassende**) — Rolle spielen.

Psychische Wirkung des Stromes.

Es muss von vornherein betont werden, dass nach der fast allgemeinen Erfahrung der Fachleute thatsächlich zu einem nicht

---

*) Die psychische Wirkung kann auf mehr oder weniger grossen Umwegen erzielt werden. Z. B. können durch Reizung der Hautnerven mit dem faradischen Pinsel Sensationen gesetzt werden, die auf dem Wege psychischer Reflexbogen zur zeitweiligen oder dauernden Aufhebung von Schmerzempfindungen führen, (ähnlich wie bei einem Blasenpflaster) u. dergl. m. — Auch das sind natürlich keine specifischen Stromwirkungen. —

**) Selbst rein suggestive Wirkungen werden durch exacte Methodik erhöht.

unerheblichen Theil die elektrotherapeutischen Erfolge als psychische aufgefasst werden müssen. Das erhellt für den Praktiker daraus, dass bei Anwendung verschiedenartigster, selbst anscheinend entgegengesetzter Methoden oft dieselben therapeutischen Resultate sich ergeben, dass ferner krankhafte Symptome auch gelegentlich beseitigt werden, wenn durch die applicirten Elektroden infolge eines Versehens gar kein Strom geleitet worden ist, und aus einer ganzen Reihe ähnlicher häufiger Beobachtungen, die eine andere Erklärung nicht zulassen. Es ist nun aber ein unrichtiger Schluss, wenn man aus diesen Thatsachen folgert, dass die Elektricität als Heilmittel nur psychisch wirkt; es wird sich vielmehr für jeden Unbefangenen fragen, ob nicht ausser dem anerkannten psychischen noch ein anderer specifischer Heilwert des Stromes existirt.

Dass das in der That der Fall ist, ist die Meinung der Mehrzahl aller Sachverständigen. Sie gründen ihre Ansicht 1) auf exacte klinische Reihenexperimente, welche, wie z. B. die von E. Remak bei der Radialislähmung, in unanfechtbaren Zahlen die Abkürzung der Heilungsdauer durch eine ganz bestimmte Behandlungsmethode nachweisen; 2) auf Experimente an Tieren, bei denen doch die psychische Einwirkung wegfällt, und bei denen Versuche vorliegen, durch welche — wenn auch nicht sicher, so doch — wahrscheinlich gemacht wird, dass künstlich bei ihnen erzeugte Erkrankungen durch Anwendung eines gewissen elektrotherapeutischen Modus rascher zur Heilung kommen als ohne dieselbe; 3) auf die praktischen Erfahrungen zahlreicher, auch zweifellos kritisch veranlagter Autoren und Therapeuten, welche empirisch — oder gestützt auf gewisse theoretische Erwägungen — bestimmte elektrotherapeutische Wege als nützlichere und erfolgreichere gefunden haben; 4) auf die a priori vorliegende Wahrscheinlichkeit, dass der elektrische Strom, der so mächtige physikalische und chemische Effekte erzielt, bei seinen mannigfaltigen und wichtigen physiologischen Beziehungen besonders zum Nervensystem, auch bei Erkrankungen des Körpers — und wiederum besonders des Nervensystems — wohl erhebliche specifische Wirkungen entfalten dürfte.

Die specifischen Wirkungen.

Freilich liegen noch viel zu wenige unzweideutige Thatsachen vor, aus denen man die Art der specifischen Heilwirkung des elektrischen Stromes in allen oder auch nur vielen einzelnen Fällen exact construiren könnte. Aber, wenn diese Wirkung auch nur in wenigen nachgewiesen ist — und das ist geschehen — so muss das für uns genügen, um uns von dem halb skeptischen Standpunkt der Suggestionshypothese sans phrase mehr oder minder weit zu entfernen.

Es giebt also, wie wir annehmen, eine specifische Heilwirkung

des elektrischen Stromes. Worin besteht dieselbe nun? Das ist die zweite Frage, weit schwieriger als die erste zu beantworten, weil hier alles hypothetisch ist.

Die physikalische Theorie.

Am naheliegendsten erscheint, wenn man das Wesen der Elektricität in Betracht zieht und nach Analogien aus ihren andern Wirkungssphären schliesst, von vornherein die Annahme einer physikalischen Einwirkung: einer Beeinflussung der kleinsten Körperelemente (Moleküle) im Sinne einer direkten Beschleunigung, Verlangsamung oder Richtungsveränderung der im lebenden Körper vorausgesetzten permanenten Bewegung dieser Teilchen — Solange wir aber vom Wesen und Substrat dieser Vorgänge so wenig wissen, wie das bisher der Fall ist, wird es natürlich auch unmöglich sein, den Versuchen einer therapeutischen Abänderung dieser Vorgänge eine bestimmte Methodik zu Grunde zu legen. So viel Plausibles diese Hypothese also haben mag, für die Praxis ist sie bisher unverwerthbar.

Von physikalischen Vorgängen ist besonders noch die bewiesene Thatsache, dass es gelingt, durch die unverletzte Epidermis von der Anode aus gewisse Stoffe in den Körper zu transportiren (Kataphorese), als Erklärung für elektrotherapeutische Heileffekte herangezogen worden.

Die chemische Theorie.

Wesentlich als ein Analogieschluss von anderen Gebieten her, in denen die Elektricität Wirksamkeit entfaltet, ist auch die Annahme anzusehen, dass die Heilwirkung des elektrischen Stromes im Körper auf chemische, hauptsächlich elektrolytische Einflüsse des Stromes zurückzuführen sei. Ob es in der That möglich ist, im menschlichen Körper mit den von uns an der unverletzten Haut gewöhnlich angewandten Stromstärkegraden erhebliche electrolytische Effekte in der Tiefe zu erzielen, ist mindestens fraglich. Dass dagegen überhaupt chemische Vorgänge durch den Strom im lebenden Körper zu erzielen sind, ist mit Sicherheit bewiesen. Nur ist es nicht möglich, im einzelnen anzugeben, welche therapeutischen Effekte jedesmal auf chemische Veränderungen zu beziehen sind.

Die physiologischen Theorien.

Eine Reihe weiterer Beobachtungen gründet sich auf Erscheinungen, die von den Physiologen beobachtet und studirt worden sind: einerseits ist es die Thatsache, dass die Blutgefässe auf den elektrischen Strom mit Verengerung und Erweiterung reagiren, welche man für die Heilerfolge der elektrischen Behandlung verantwortlich machte*); andererseits die an den Tieren gefundenen elektrotonischen Erscheinungen, (die Herabsetzung der Nerven-Erregbarkeit an der

*) R. Remak bezeichnete die Gefässwirkung plus der chemischen und kataphorischen Wirkung als die „katalytische“ Wirkung des elektrischen Stromes.

Anode — Anelektrotonus —, die Erhöhung derselben an der Kathode — Katelektronus — s. S. 19), welche man, auf den Menschen übertragen, als therapeutisch wichtiges Agens darstellte. Nach der letzteren Annahme müsste man bei Zuständen erhöhter Nerven-Erregbarkeit (z. B. Neuralgien) therapeutisch die Anode als differente Elektrode anwenden, bei krankhaften Zuständen, in denen man dagegen die Erregbarkeit erhöhen will, (also z. B. bei gewissen Lähmungen) die Kathode als „Reiz"-Elektrode wählen. Man nennt das „polare Behandlung". Sie wird von den meisten Praktikern angewendet, trotzdem es fraglich ist, ob beim lebenden Menschen die elektrotonischen Verhältnisse im Sinne des Tierexperiments in Frage kommen.

Ferner ist nicht zu verkennen, — und das scheint bei weitem nicht das unwesentlichste zu sein — dass die Thatsache der Muskelcontraction auf elektrische Reize die Annahme nahe legt, dass der Strom durch Auslösung von Zuckungen in gelähmten Muskeln auf den Ernährungszustand dieser Muskeln einen günstigen Einfluss ausüben dürfte.

Bei dem innigen Connex der Nervenelemente (Neurone) des Körpers untereinander wird schliesslich durch elektrische Hautreizung oder Beeinflussung der Muskelsensibilität, wie Goldscheider neulich ausgeführt hat, zweifellos auch auf entfernt liegende Teile insofern ein Effect erzielt werden können, als eine Veränderung der „Neuronschwelle" an der gereizten Stelle an andern Stellen des Nervensystems im Sinne der Funktionshemmung (z. B. bei Neuralgien) oder — Bahnung (z. B. bei Hemiplegien) wirken, resp. durch Lenkung der Aufmerksamkeit — beispielsweise an der gereizten Stelle selbst — einen Effekt ausüben wird.

Wenn wir alles das, was zur Erklärung der therapeutischen Resultate angeführt worden ist und wird, überblicken, so werden wir zwei Dinge auseinanderhalten müssen; nämlich 1) dass der Strom im Körper (ausser dem psychischen Effekt) chemische Wirkungen, Wirkungen aut die Gefässe und die Nervenerregbarkeit, sowie Muskelcontractionen und sicherlich auch Veränderungen im Molekularleben des Körpergewebes herbeiführt, kann als zweifellos angesehen werden. 2) Welcher von diesen Effekten im speziellen Falle, bei einer speziellen Methode zu erwarten ist, und ob im speziellen Fall dieser Effekt ein erwünschter, ein Heileffekt ist, darüber liegen in den allerseltensten Fällen unzweideutige und unbestreitbare Thatsachen vor, sodass man — trotz aller Hypothesen — im wesentlichen bei der Methodik auf die Empirie, die Erfahrung kritischer Autoren und Praktiker und auf die eigene Erfahrung angewiesen ist. Dabei werden die oben angeführten Hypothesen resp. eine oder

die andere gelegentlich als Unterlage für die spezielle Methodik dienen. Nur in wenigen Fällen werden die therapeuthischen Indicationen und Contraindicationen mit einer gewissen Bestimmtheit gegeben werden können.

Allgemeine Regel.

Der Anfänger thut gut, sich zunächst ein bestimmtes therapeutisches Schema einzuprägen, für das ihm im folgenden die Anhaltspunkte gegeben werden sollen. Aber er darf nicht vergessen, dass ein Schema niemals allgemeine Gültigkeit haben kann, und dass es das Recht und oft die Pflicht des Therapeuten ist, von diesem Schema abzuweichen, zu individualisiren. Das ist nirgends wichtiger als bei der Electrotherapie: der beste Therapeut wird auch hier der sein, der am wenigsten schematisirt.

Das zweite, eigentlich selbstverständliche, Erfordernis für den Electrotherapeuten ist das Localisiren der Behandlung auf den Ort der Krankheit. Das ist freilich oft leichter gesagt als gethan. Denn in vielen Fällen wird der Ort der Krankheit für den Strom gar nicht direkt zugänglich sein, (wie z. B. bei den Augenmuskellähmungen), oder er ist unbekannt, (wie bei gewissen functionellen Neurosen) oder endlich die durch die Krankheit gesetzten Veränderungen sind derart, dass keine Aussicht vorhanden ist, durch direkte Beeinflussung des Herdes irgend etwas zu erreichen (z. B. bei progressiv degenerativen Prozessen im Centralnervensystem): in solchen Fällen wird man sich begnügen müssen, symptomatisch zu behandeln, also an einer vom Ort der Krankheit entfernten Stelle, nämlich an der Stelle, an welcher sich die hauptsächlichsten Symptome bemerkbar machen. Im allgemeinen jedoch wird man das Prinzip des Localisirens dem der symptomatischen Therapie bei weitem vorziehen, wie später bei der speziellen Besprechung des Weiteren dargethan werden soll.

Schliesslich ist als drittes wichtiges Erfordernis das Dosiren des Stromes zu erwähnen. Hier gehen die Ansichten der Autoren und Praktiker wieder weit auseinander. Während ein Teil der letzteren dazu neigt, möglichst kräftige Ströme — soweit sie ohne Schaden vertragen werden — anzuwenden und, wenn angängig, von jeder Sitzung einen merkbaren Effekt zu hinterlassen, wird ein anderer extremer Standpunkt von denjenigen vertreten, die den homöopathischen Grundsatz des „breve, leve, saepe“ auf die Electrotherapie anwenden wollen. Es wird gut sein — und das ist die Auffassung der Mehrzahl — sich von beiden Extremen fernzuhalten und die Stromstärken zwar nicht zu gross zu wählen, aber doch andererseits der absolut unbewiesenen Behauptung,*) dass minimale Stromdosen, Bruch-

*) Die von den Autoren dieser Richtung angeführten, angeblich nach dieser Methode unter Ausschluss der Suggestion geheilten Fälle bedürfen dringend kritischer Nachprüfung.

teile einer Minute lang angewendet, „adacquate Reize“ für das kranke Nervensystem bilden, nicht praktisch Rechnung zu tragen.

Die Regeln für die speziellen Fälle sollen im nachfolgenden Kapitel gegeben werden. Im allgemeinen ist bezüglich der anzuwendenden Stromstärke und bezüglich der Art der Stromapplication folgendes zu bemerken:

Principien der Dosirung und Application.

1) die Patienten wollen bei der elektrischen Behandlung etwas „fühlen“. Bei zu schwachen Strömen fühlen sie nichts und glauben nicht an deren Wirksamkeit. Da das suggestive Moment bei unserer Therapie eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt, berauben wir uns oft eines Bundesgenossen, wenn wir zu schwache, unfühlbare Ströme anwenden. Nur ausnahmsweise, aus besonderen Gründen, dürfen wir das —, in manchen, unten näher zu besprechenden Fällen, müssen wir es sogar thun.

2) Zu starke galvanische Ströme rufen auf der Haut und besonders auf den Schleimhäuten schmerzhaftes Brennen hervor und verätzen das Integument, sodass schon nach einer einzigen Anwendung gelegentlich Ätzwunden von grösserer oder geringerer Tiefe zurückbleiben können. Der eintretende Schmerz gilt uns für die Höhe der erlaubten Stromstärke als warnendes Moment. Nur ein „leichtes Brennen“ darf bestehen, mehr im allgemeinen nicht. — Das Galvanisiren von Schleimhäuten unterbleibt am besten ganz. — Faradische Ströme grösserer Kraft führen nur Schmerzen und Hautrötung herbei, sonst in den uns zur Verfügung stehenden Stärkegraden kaum andere Schädigungen. Nur sollte man nicht plötzlich starke faradische Ströme einleiten, weil das die Patienten, besonders wenn sie zum ersten Male elektrisirt werden, erschreckt.

3) Schon mittelstarke galvanische Ströme, am Kopfe oder am Halse appliciert, verursachen Schwindel, Augenflimmern, galvanischen Geschmack auf der Zunge, gelegentlich Übelkeiten, Ohrensausen, bei Hysterischen auch Wein-, Schreikrämpfe und Anfälle anderer Art. Dasselbe und in noch höherem Masse kann selbst bei Anwendung geringer Stromstärken am Kopfe und Halse eintreten, wenn beim Ein- oder Ausleiten des Stroms, besonders bei kleinerem Elektrodenquerschnitt, erhebliche Dichtigkeitsschwankungen im Strom geschehen, d. h. also, wenn die Stromstärke nicht ganz allmählich vergrössert resp. verkleinert wird, sondern, wenn dies sprungweise geschieht. Man wird demgemäss bei Behandlung dieser Körperteile immer den

Rheostaten benutzen und vorsichtig von Contact zu Contact weiter gehen müssen, beim Einleiten vorwärts und beim Ausleiten rückwärts: man nennt das Einschleichen und Ausschleichen. An der Art, wie sich die Galvanometernadel bewegt, wird man erkennen, ob man dieses Ein- und Ausschleichen langsam genug vornimmt: die Nadel darf keinerlei hin- und herpendelnde Bewegungen machen, sondern muss sich gleichmässig schleichend in der einen, gewünschten Richtung weiter bewegen. Auch ist es zweckmässig, um zur allmählichen Erreichung einer bestimmten Stromstärke möglichst den ganzen Rheostaten (mindestens einen grossen Teil desselben) ausnutzen zu können, zur Behandlung der erwähnten Körperstellen möglichst wenige Elemente einzuschalten: dann wird man mittels des Rheostaten jede Schwankung leichter vermeiden können als bei Benutzung vieler Elemente, wobei — wie leicht zu berechnen — die Sprünge grösser sein und trotz des Rheostaten Schwankungen nicht zu vermeiden sein werden.

4) Dasselbe, also das Vermeiden von Stromschwankungen durch Ein- und Ausschleichen, muss Platz greifen, wenn man polar behandeln will (s. oben S. 94), d. h. wenn man, nach Analogie der Tierexperimente, am lebenden Menschen zu therapeutischen Zwecken den An- oder Katelectrotonus herzustellen wünscht. Will man z. B. bei Neuralgien auf die schmerzhafte Stelle die Anode appliciren in der Ansicht, dadurch die Erregbarkeit des schmerzenden Nerven herabsetzen zu können, so darf man den Strom nicht sprungweise ein- und ausleiten, sondern muss es in der sub 3) erwähnten Weise thun: es tritt nämlich beim Tier, sobald bei geschlossenem Stromkreis Stromschwankungen irgend welcher Art stattfinden, die sogenannte negative Modification (s. S. 19) ein, d. h. an der Stelle des Anelectrotonus entsteht der Katelectrotonus, und umgekehrt. Wenn man — hypothetisch — die Verhältnisse vom Tier auf den Menschen überträgt, so muss man auch auf diese Thatsache Rücksicht nehmen.

5) Aus den erwähnten Gründen darf man in den unter 3) und 4) genannten Fällen im allgemeinen auch keine Stromwendungen bei geschlossenem Strom vornehmen, und ebensowenig den Strom plötzlich öffnen oder schliessen. Man thut darum gut, in Fällen der genannten Arten den Patienten zu instruiren, dass er nicht die Elektroden entfernen dürfe, ehe die Sitzung beendet ist: bei Auftreten von Lichtblitzen, Schwindel etc. thun dies manche Personen unwillkürlich. Man vermeide es darum auch, in

diesen Fällen sich einer Unterbrecher-Elektrode zu bedienen, weil dabei leicht unbeabsichtigte Öffnungen und Schliessungen durch Druck auf den Unterbrecherhebel eintreten könnten. Auch soll man deshalb zu therapeutischen Zwecken immer zunächst die Elektroden an Ort und Stelle appliciren und dann erst den Strom allmählich einschalten, und ebenso nach Schluss der Behandlung erst den Strom ausleiten (langsames Zurückdrehen der Rheostatenkurbel auf 0, Ausschalten der Elemente), ehe man die Elektroden vom Körper entfernt.

6) Das Zurückführen des Apparates zur Ruhestellung vor Abnahme der Elektroden ist in jedem Falle zweckmässig, weil man es sonst leicht vergisst, und die Elemente (bei zufälliger Berührung der Elektroden im Tischkasten etc.) unnöthigerweise in Thätigkeit bleiben und abgenutzt werden.*)

7) Wenn man direkte Wirkungen in die Tiefe (Muskeln, Nervenstämme, Centralnervensystem etc.) beabsichtigt, so bediene man sich gutdurchfeuchteter (nicht bloss angefeuchteter) überzogener Elektroden, unter denen der Hautwiderstand herabgesetzt wird. Trockene, besonders Metall-Elektroden (Bürste, Pinsel etc.) wirken im wesentlichen direkt auf die Haut und deren Nerven (und erst indirekt reflektorisch auf das Centralnervensystem und auf den Cirkulationsapparat). Sie werden besonders mit dem faradischen Strom angewendet: beim galvanischen Strom Metallelektroden zu benutzen, ist nicht räthlich, weil sehr leicht starke Ätzwirkungen eintreten. Darum soll man auch darauf achten, dass nicht beim Galvanisiren mit überzogenen (und befeuchteten) Elektroden der Überzug schadhaft ist und ein Stück des Elektrodenmetalls mit der Haut in Berührung kommt.

8) Elektrische Sitzungen werden in frischen Fällen täglich einmal vorgenommen; in veralteten genügt eine Wiederholung an jedem zweiten Tage. Noch seltenere Sitzungen haben höchstens suggestiven Werth. Einen anderen Werth als den suggestiven kann es auch nicht haben, wenn man, wie das oft genug geschieht, die elektrische Behandlung über viele Monate und Jahre hinaus ausdehnt. Im allgemeinen wird man, wie bei jeder andern therapeutischen Massnahme, die Methode wechseln, wenn man spätestens nach mehreren Wochen keinen bleibenden Erfolg sieht. Es giebt ausser der Elektrotherapie noch andere Behandlungswege: das darf man niemals vergessen. — Über die Dauer der einzelnen Sitzung werden im speziellen Theil Anhaltspunkte gegeben werden.

---

*) Es giebt Apparate mit einer Hemmungsvorrichtung, die selbstthätig an das Ausschalten der Elemente erinnert.

## 8. Capitel.
## Specieller Teil.

Eine specielle Electrotherapie hätte die Aufgabe, exakte Methoden für die Behandlung jeder einzelnen derjenigen Erkranknugen anzugeben, die überhaupt elektrischer Beeinflussung zugänglich sind. Das ist bei unsern bisherigen Kenntnissen nicht möglich; wollen wir uns nicht zu weit in unerforschtes Gebiet verirren, und wollen wir nicht vereinzelte Erfahrungen eines oder weniger Electrotherapeuten — bei denen es oft überdies noch schwer ist, das „post hoc" vom „propter hoc" zu trennen — ohne ausreichende Kritik zur „Methode" erheben, so müssen wir uns in der Besprechung der speziellen Methodik beschränken. Und so sollen auch hier dem Anfänger 1) nur die Behandlungsweisen empfohlen werden, die bei der grossen Mehrzahl der massgebenden Autoren anerkannt sind und von den erfahrensten Neurologen in ihren klinischen Instituten und in der Privatpraxis ausgeübt werden, wobei als selbstverständlich kaum erwähnt zu werden braucht, dass es fast soviel Modificationen dieser Methoden giebt als Nervenärzte. Wie schon oben hervorgehoben und hier noch einmal zu betonen, sind die anzugebenden Thatsachen nur Schemata, von denen der erfahrenere Arzt in besonderen Fällen ohne weiteres individualisierend abweichen wird. 2) werden die Erkrankungen in Bezug auf ihre elektrische Behandlung gruppenweise zusammen abgehandelt werden, also z. B. Erkrankungen des Rückenmarks, des Gehirns etc. — Wo sich bei bestimmten einzelnen Krankheiten bestimmte Methoden als zweckmässig erwiesen haben, wird das dann besonders hervorgehoben werden.

Es wird also zu besprechen sein die Electrotherapie bei

a) den Erkrankungen der peripherischen Nerven,
   α) Reizzuständen,
   β) Lähmungen,
b) den Erkrankungen der Muskeln,
c) den Erkrankungen des Rückenmarks,
d) den Erkrankungen des Gehirns,
e) den einzelnen functionellen Nervenleiden und denen von unbekannter Genese,
f) den Erkrankungen der Gelenke,
g) den Erkrankungen innerer Organe.

### a) Erkrankungen der peripherischen Nerven.

Die Reizzustände (Neuralgien und locale Krämpfe). Neuralgien.

1) Die locale Anwendung der galvanischen Anode (zur Herabsetzung der Erregbarkeit) ist die gewöhnliche Methode zur Behandlung der Reizzustände der sensiblen Nerven (Neuralgien) und

der motorischen Nerven (locale Krämpfe, Tics). Sie geschieht in folgender Weise: eine gut *durchfeuchtete* Platte von grossem Querschnitt wird auf eine Stelle in der Mittellinie des Körpers (Sternum, Nacken, Kreuzbeingegend) aufgesetzt, eine ebenso durchfeuchtete Elektrode von kleinem Querschnitt (ca. 5—15 qcm)*) über den erkrankten Nerven d. h. über die Stelle, wo dieser Nerv am oberflächlichsten liegt, resp. wo man in ihm den Krankheitsherd vermutet. Alsdann d. h. *bei aufsitzenden* Elektroden, schaltet man eine beliebige Anzahl von Elementen (am Kopf und Hals eine geringere Anzahl als an andern Körperteilen, s. S 96) ein, und leitet nun mit Hülfe des Rheostaten, *indem man ganz allmählich und langsam dessen Kurbel nach rechts dreht, (einschleichend!)* den galvanischen Strom durch den Körper bis zu einem an der Galvanometernadel abzulesenden Stärkegrad zwischen $1\frac{1}{2}$ 6 MA. Zwischen diesen Intensitäts-Graden schwankt die Angabe: welchen von ihnen man wählen wird, hängt ab: 1) von der Lage des Nerven: *am Trigeminus (am*
Trigeminus-Neuralgie. *Kopfe!) wird man höchstens bis etwa 2 MA gehen*, am Plexus brachialis kann man viel mehr, am Ischiadicus sogar 8 MA nehmen; 2) von dem Alter des Falles und der Dauer der Behandlung: in frischen Fällen und in den ersten Sitzungen nimmt man schwächere Ströme; allmählich steigert man die Intensität; 3) von der Empfindlichkeit des Patienten: manche Menschen empfinden schon bei Stärken unter 1 MA an gewissen Teilen ein heftiges Brennen, sodass man gezwungen ist, schwächere Ströme zu nehmen. Im allgemeinen wird man nicht schaden, wenn man den Strom immer so stark wählt, dass der Patient ein leises Gefühl, mindestens ein leichtes Wärmegefühl, hat. — Man lässt die Elektroden ca. 4—8 Minuten sitzen, leitet dann *ausschleichend* den Strom aus, *schaltet auch die Elemente aus* (!) und entfernt dann die Elektroden. — Sind mehrere Nervenpunkte zu behandeln, z. B. bei Neuralgie mehrerer Trigeminusäste, so wird *nach dem Ausschleichen* und *der Abnahme der Elektroden* der zweite und dritte Punkt in gleicher Weise behandelt. Mehr als drei Punkte wird man in einer Sitzung kaum vornehmen.

Locale Krämpfe. Bei localen Krämpfen, z. B. beim *Facialistic*, verfährt man in ganz analoger Weise wie bei den Neuralgien; ausserdem kann man hier, ohne den Strom auszuschalten, bei kleinen Stärkegraden mit der kleinen Elektrode leichte streichende Bewegungen über das krampfende Gebiet ausführen, wobei man die Elektrode nicht von der Haut entfernt: *labile Anode*. — Für solche Tics ist notabene auch die

---

*) je nach der Dicke der zu durchdringenden Hautschicht, sodass man also z. B. am Trigeminus eine Elektrode von ca. 5 qcm, am Ischiadicus eine von 20 qcm oder noch etwas mehr wählen wird.

sogen. Sympathicusgalvanisation (s. unten S. 113) oder die „anschwellenden“ faradischen Ströme (s. S. 105) empfohlen worden.

Immer muss man während der Dauer der Behandlung das Galvanometer genau beobachten und eine Hand an der Rheostatenkurbel haben. Denn während der Einwirkung des Stromes sinkt der Leitungswiderstand des Körpers, wie oben ausgeführt, und steigt demgemäss die Stromstärke. Man muss darum immer mit dem Rheostaten reguliren, um die Stromstärke konstant zu erhalten.

Damit man die eigenen Hände frei behält, wird man, wenn irgend möglich, die Elektroden am Körper des Patienten fixieren: die Kathode z. B. im Rockkragen als Nackenelektrode oder am Kreuzbein, während die differente Anode vom Patienten selbst gehalten werden kann; oder der Patient hält eine grosse Platte (Fig. 26) am Sternum, die andere Elektrode an der schmerzenden Stelle. Man achte aber darauf, dass der Patient nicht während der Sitzung, z. B. beim Eintreten starken Brennens, die Elektrode entfernt, und gebe ihm auf, den Eintritt stärkeren Brennens sofort zu melden, aber die Elektrode festzuhalten. Man gebe auch dem Patienten niemals eine Unterbrecherelektrode in die Hand (s. S. 98).

Fig. 26.




2) Absteigenden galvanischen Strömen wird ebenfalls eine erregbarkeitsherabsetzende Wirkung zugeschrieben. Man bedient sich ihrer mit Vorteil bei Reizzuständen solcher Nervenstämme, die in grösserer Ausdehnung der Behandlung zugänglich, unweit der Hautoberfläche verlaufen, z. B. bei Neuralgien des Plexus brachialis, der Nervi intercostales, bei der Ischias etc. — Man wählt dann zwei Elektroden von gleichem Querschnitt, ca 15—30 qcm, und setzt sie (gut befeuchtet) entfernt von einander, beide über den Verlauf des Nerven auf, die Anode central-, die Kathode peripherwärts: beim Ischiadicus z. B. sitzt die Anode in der Mitte der unteren Glutaealfurche, die Kathode dicht über der Kniekehle an der Teilungsstelle des Nerven; beim Plexus brachialis die Anode in der Fossa supraclavicularis, die Kathode im Sulcus bicipitalis int. etc. — Die Stromstärke wird nach denselben Prinzipien gewählt, die oben bei a) besprochen wurden. Auch von der Art der Ein- und Ausleitung und von der Dauer der Sitzung gilt dasselbe. Ischias.

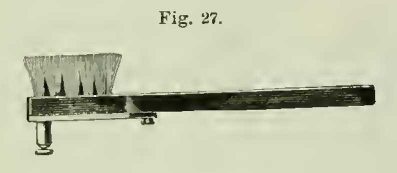
Bei der Behandlung der Ischiadicusneuralgie kann man event. stationenenweise galvanisieren: z. B. 1. Station: von der Austrittsstelle der NN. lumbales bis zur der oben bezeichneten Stelle unter dem Gesäss; 2. Station: von letzterer Stelle bis zur Kniekehle;

3. Station: von der Kniekehle bis zur Knöchelgegend. — Zwischen jeder dieser Stationen wird der Strom langsam schleichend ausgeschaltet. Der Patient kann dabei sitzen, indem er sich auf die Gesässhälfte der nicht behandelten Seite setzt, während die andere frei den Stuhlrand überragt.

3) In veralteten Fällen von Neuralgien, z. B. in alten Fällen von Ischias, kann man sich der sogen. Volta'schen Alternativen bedienen, d. h. man setzt die Elektroden in der sub b) benannten Weise auf und macht dann bei festsitzenden Elektroden, indem man die Kurbel des Stromwenders fasst, rasche, häufige Stromwendungen. Dadurch wird ein starker Reiz ausgeübt, der auf den langsamen, „torpiden" Heilverlauf günstig einwirken soll.

4) Den faradischen Strom kann man bei Neuralgien — nicht so bei localen Krämpfen — in Form der faradischen Bürste (Fig. 27) anwenden, indem man über der schmerzenden Stelle durch Streichungen und Klopfungen mit dieser bürstenförmigen (oder einer pinselförmigen) Elektrode bei mittelstarken faradischen Strömen eine Hautrötung zu erzielen sucht. Man kann annehmen, dass ein solches Verfahren „ableitend" wirkt.

Fig. 27.



Neuritiden.

Bei neuralgischen Schmerzen, die einer organischen Ursache ihr Dasein verdanken, z. B. bei Neuritiden, können dieselben Methoden gebraucht werden; sie werden dann wesentlich symptomatische Bedeutung haben*). Akute Fälle von Neuralgien und Neuritiden eignen sich nicht zur elektrischen Behandlung, während sie bei den übrigen Fällen allgemein anerkannte, günstige Resultate liefert.

Peripherische Lähmungen.

Die Lähmungen der peripherischen Nerven.

1) Wenn der Ort der Laesion der Behandlung direkt zugänglich ist, also z. B. bei Quetschlähmungen des N. radialis, setzt man auf diese Stelle, also auf die Umschlagstelle des Radialis am Oberarm, eine galvanische Kathode stabil auf und leitet einen nicht zu schwachen Strom, etwa 4—8 MA, durch den Nerven. Der Querschnitt der Elektrode sei ca. 20—30 qcm. Die andere Elektrode sitzt als indifferente an den üblichen Stellen und hat einen entsprechend grossen Querschnitt, also ca. 100 qcm oder mehr. Die Dauer der Sitzung beträgt ca. 10 Minuten. Ähnlich kann man auch bei andern Lähmungen, z. B. am Facialis oder Plexus brachialis, verfahren.

Radialislähmung.

2) Die von der Lähmung betroffenen Muskeln kann man mit dem faradischen Strom einzeln zur Contraction bringen, — locale Muskelfaradisation —, wenn die Reaction derselben auf den

*) Die Electrotherapie neuritischer Lähmungen s. weiter unten, S. 103.

faradischen Strom nicht erloschen ist. Zu diesem Zwecke bedient man sich derselben Anordnung, wie sie bei elektrischen Untersuchungen gebraucht wird, und macht mittels der Unterbrecherelektrode über jedem Muskel des erkrankten Gebiets mehrere Schliessungen bei mittelstarken Strömen: die Zuckungen sollen deutlich sichtbar werden, nicht minimal sein. Man kann auch ohne indifferente Elektrode mit zwei gleich grossen Elektroden (5—10 qcm Querschnitt, darunter eine Unterbrecherelektrode) die Reizung in der Weise vornehmen, dass man dieselben auf den Verlauf des Muskels aufsetzt und dort mehrere Schliessungen macht. Dass durch solche Reizung auf die Ernährung gelähmter und atrophischer Muskeln eine günstige Wirkung erfolgt, ist anzunehmen.

Contraindicirt ist die Methode 1) bei Bestehen von Spasmen in den betreffenden Muskeln, wo sie gradezu schädlich wirken kann; 2) bei faradischer Unerregbarkeit, wo sie zwecklos ist.

3) Die Galvanisation der einzelnen Muskeln mit der Kathode wird in analoger Weise wie bei b) besonders bei den Fällen von Lähmung angewendet, in denen die faradische Erregbarkeit erloschen ist, ist aber natürlich auch für die übrigen Fälle verwendbar. Die Stromstärke ist dabei mittelgross, d. h. so gross, dass Zuckungen deutlich sichtbar sind; gewöhnlich wird das bei 2—5 MA etwa der Fall sein.

Man kann auch mit noch grösserem Vorteil in folgender Weise verfahren: Man setzt eine Kathode als Reizelektrode auf einen Punkt des erkrankten Gebiets*), leitet einen Strom ein, bei dem man grade Muskelzuckungen deutlich sieht, und gleitet nun bei dieser Stromstärke mit der geschlossenen Elektrode, ohne sie von der Haut zu entfernen, über die ganze erkrankte Region mehrere Minuten lang hin und her (indifferente Elektrode am Sternum oder dergl). Diese labile Kathodengalvanisation hat den Vorteil, dass man alle groben Stromschwankungen vermeiden kann, besonders wenn man auch nach Schluss der Behandlung vorsichtig den Strom ausschleichen lässt, bevor man die Elektroden entfernt. Darum eignet sich diese Methode ganz besonders zur Behandlung der Lähmungen am Kopfe und Halse, also namentlich für Facialislähmungen, bei denen alle — durch Öffnen und Schliessen des Unterbrechers u. s. w. erzeugten — Stromschwankungen absolut zu vermeiden sind. Stromstärke am Gesicht und Hals nicht über ca. 3 MA. Facialislähmung.

4) In Fällen starker Atrophie, namentlich z. B. bei Neuritiden (Bleilähmung, postdiphtherischer Lähmung oder multiplen Neuritische Lähmungen

*) Auch bei Umkehr des Zuckungsgesetzes und „Überwiegen der Anodenzuckungen" wird zur Behandlung der Lähmungen die Kathode gewählt.

Neuritiden aller Art) kann man auch den sogen. „combinierten Strom“ in Form der labilen Galvano-Faradisation der einzelnen Muskeln vornehmen. Das geschieht in folgender Weise: An jedem grösseren Apparat befindet sich am Stromwechsler (s. S. 15) ausser den zwei Contacten C und S (mit deren Hülfe man von demselben Polklemmenpaar bald den faradischen — secundären S — Strom, bald den galvanischen — constanten C — ableiten kann), ein dritter Contact CS (s. S. 5, Fig. 5). Wenn man die Wechslerkurbel auf diesen Contact stellt, so kann man durch die zwei Polklemmen beide Stromesarten gleichzeitig leiten: man setzt dann nämlich (bei indifferenter Anode) eine Reizkathode auf einen der zu behandelnden Muskeln auf, schaltet eine beliebige Anzahl Elemente ein und dreht die Rheostatenkurbel so lange nach rechts, bis man bei Schliessung eine kräftige galvanische Contraction erfolgen sieht. Alsdann setzt man durch Stöpselung auf dem Klötzchen auch den faradischen Strom in Thätigkeit und schiebt die secundäre Rolle so weit vor, bis man eine sichtbare faradische (tetanische) Zuckung sieht. Bei dieser Stärke des combinierten Stromes lässt man dann die geschlossene Elektrode einige Minuten lang über das ganze erkrankte Gebiet hingleiten; die Reizwirkung auf die Muskeln ist bei diesem Verfahren sehr stark.

An Stellen, an denen jede Erregbarkeit, auch die galvanische, erloschen ist, sind alle elektrotherapeutischen Methoden zwecklos. Auch wenn im gelähmten Gebiete secundäre Contracturen auftreten, z. B. bei Facialislähmungen, ersetzt man am besten die elektrische Behandlung durch eine andere (z. B. Massage).

---

## b) Die Erkrankungen der Muskeln.

1) Bei Lähmungen muskulären Ursprungs ist die Behandlung ganz nach denselben Prinzipien auszuführen, wie sie im vorigen Abschnitt genannt wurden. Es handelt sich hauptsächlich um die progressiven Muskel-Dystrophien. Da bei ihnen ein völliges Erlöschen der faradischen Erregbarkeit erst sehr spät einzutreten pflegt, wird man, ausser der labilen Ka-Galvanisation der einzelnen Muskeln, in den meisten Fällen auch die lokale Faradisation resp. die Galvano-Faradisation (mit dem combinierten Strom) vornehmen können.

Dystrophien.

2) Locale Muskelentzündungen (Myositiden), wie sie z. B. im Cucullaris, Sternocleidomastoideus (rheumatisches Caput obstipum), der Rückenmuskulatur etc. häufig vorkommen, behandelt man entweder

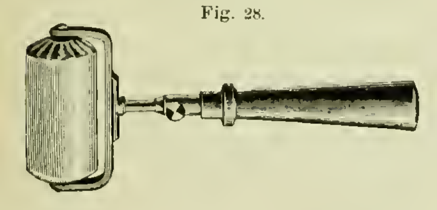
Myositiden.

α) mit der lokalen galvanischen Anode wie die Neuralgien (s. S. 100)

β) mit den sogen. anschwellenden faradischen Strömen (Frommhold): eine kleine Reizelektrode, am besten unüberzogen und trocken, z. B. ein Metallknopf, wird auf die Stelle der Schmerzhaftigkeit resp. der Anschwellung fest aufgesetzt, zunächst ein schwacher faradischer Strom eingeleitet und dieser Strom durch allmähliches Vorschieben der secundären Rolle nach und nach verstärkt. Wenn man nach jeder geringen Verstärkung eine Pause macht und den Faradisationsschmerz abklingen lässt, was gewöhnlich bald geschieht, kann man es durch dieses Anschwellenlassen nach ungefähr 10—15 Minuten bis zu Stromstärke-Graden bringen, die recht beträchtlich sind. Dann lässt man den Strom wieder vorsichtig abschwellen; und diese Prozedur wiederholt man event. mehrmals. In geeigneten Fällen wird oft durch eine einzige derartige Sitzung Schmerzhaftigkeit und Contractur wesentlich verringert.

γ) Man kann auch mittels einer rollenförmigen Elektrode (Fig. 28) mit faradischen Strömen mittlerer Stärke über den schmerzhaften Teilen mehrere Minuten lang eine Art elektrischer Massage (Druck Effleurage) ausführen. Auch der faradischen Bürstung oder Pinselung kann man sich, um eine „ableitende" Wirkung zu erzielen, bedienen.

Fig. 28.



3) Dieselben Methoden, namentlich die unter 8) genannten, werden bei ausgedehnteren, sogen. rheumatischen Muskelaffektionen angewendet. Bei diesen sind auch elektrische Bäder (s. weiter unten, S. 112) zu empfehlen. Rheumatische Affektionen.

4) Muskelcrampi (z. B. an den Waden) können mit der labilen galvanischen Anode (s. oben S. 100) behandelt werden. Abzuraten ist von faradischer Behandlung, weil sie zu Muskelcontractionen Veranlassung giebt. Ebenso wird man, wenn man myotonische Zustände (Myotonia congenita oder acquisita) elektrisch behandeln will, höchstens labile Anodenbehandlung, jedenfalls nicht den faradischen Strom in Anwendung bringen. — Besonders zu warnen ist vor der Muskelfaradisation bei der „pseudoparalytischen Myasthenie" (einer freilich sehr seltenen Affektion) wegen der dabei bestehenden leichten Ermüdbarkeit für elektrische Reize (myasthenische Reaktion, s. S. 81). Crampi.

### c) Die Erkrankungen des Rückenmarks.

1) Locale Galvanisation des Rückenmarks: sie kann mit feststehenden Elektroden (stabile Galvanisation) oder mit einer feststehenden und einer gleitenden (labile Galvanisation) ausgeführt werden:

α) stabile Galvanisation mit absteigenden Strömen: Zwei gleich grosse, plattenförmige, gut durchfeuchtete Elektroden von ca. 20—50 qcm Q sitzen über den beiden Enden der Medulla spinalis, die Anode an der Halswirbelsäule, die Kathode an der Lendenwirbelsäule. Es wird dann ein Strom von ca. 3—8 MA eingeleitet, der etwa 8—10 Minuten einwirkt. Es ist als sicher anzusehen, dass bei dieser Methode Stromschleifen die Medulla spinalis treffen, und es wird vermutet, dass sie dort einen günstigen Einfluss auf Circulation, Ernährung, Stoffwechsel ausüben. Besonders für die Behandlung der Tabes. Tabes dorsalis ist das Verfahren empfohlen, es kann aber auch bei den übrigen Strang- und den Querschnittserkrankungen angewendet werden. — Contraindicationen gegen das Verfahren sind acute Prozesse, z. B. acute Myelitiden, frische Haematomyelien etc. — Bei älteren Herderkrankungen, z. B. abgelaufenen Poliomyelitiden, bietet es keine Vorteile; hier ist das symptomatische Verfahren vorzuziehen. Der Versuch einer direkten Beeinflussung von Herden im Rückenmark dadurch, dass man zwei kleine Elektroden zu beiden Seiten der Erkrankungsstelle aufsetzt, ist im allgemeinen nicht empfehlenswert. Geradezu zu verwerfen ist er bei acuten oder bacteriellen (eitrigen oder tuberculösen) Prozessen; zu widerraten auch bei Tumoren (Gliomen etc.)

β) labile Galvanisation mit der Ka: eine grosse Anode sitzt am Kreuzbein oder im Nacken, eine Ka von ca. 30 qcm Q streicht, gut durchfeuchtet, mehrere Minuten lang über die Wirbelsäule auf und nieder. Über Stromstärke, Indicationen und Contraindicationen gilt dasselbe wie bei α.) — Man thut gut, während des Streichens die Galvanometernadel scharf zu beobachten und mit einer Hand an der Rheostotenkurbel die Stromstärke zu reguliren, weil vielfach an den verschiedenen Teilen des Rückens der Hautwiderstand sehr verschieden ist und dadurch grosse Schwankungen der Stromintensität eintreten können. — Bei Bestreichung der Dorsalmarkgegend tritt oft reflectorischer Husten ein (überhaupt bei etwas stärkerer Galvanisation an Brust und Rücken).

2) Für die symptomatische Behandlung der spinalen Krankheiten gelten die Regeln, die teils bereits erwähnt, teils später zu erwähnen sind, also

Spinale Lähmungen. α) bei Lähmungen, z. B. den poliomyelitischen oder myelitischen, ist die Behandlung die S. 102 ff. beschriebene. — Besonders ist

bei den spinalen Krankheiten darauf zu achten, dass bei Bestehen von Spasmen locale Faradisation der spastischen Muskulatur besser unterbleiht und durch labile An-Behandlung ersetzt wird. Bei schlaffen Lähmungen hingegen wird man Galvanisation mit der Ka oder Galvano-Faradisation (event. auch Faradisation) vornehmen.

β) Schmerzen und Paraesthesien werden entweder — wenn sie local begrenzt sind — mit der localen An (s. S. 99) bekämpft oder — bei grösserer Ausdehnung, z. B. den lancinirenden Schmerzen der Tabiker — mit der faradischen Bürste bei mittleren Stromstärken.

Anm. Mittlere faradische Stromstärken sind solche, bei denen sichtbare Hautrötung, bezw. sichtbare, aber nicht schmerzhafte Muskelzuckungen unter der darüber streichenden Elektrode eintreten.

Für Hypaesthesien ist ebenfalls faradische Bürstung, und zwar mit etwas stärkeren Strömen, zu empfehlen.

γ) Über die Behandlung von Blasenbeschwerden, sexuellen Beschwerden, vasomotorischen Störungen etc. s. S. 116, 112. 114.*)

---

## d) Erkrankungen des Gehirns.

1) Die locale Kopf-Galvanisation ist sowohl für die cerebralen Herderkrankungen (Blutungen, Erweichungen, Entzündungen, Tumoren) als für die ausgedehnteren Erkrankungen des Gehirns und seiner Häute (Arteriosclerose der Hirnarterien, Meningitiden etc.), selbst gegen Paralysis progressiva und Psychosen aller Art empfohlen worden. Es soll ein galvanischer Strom entweder von der Stirn zum Nacken oder von beiden Schläfengegenden her durch das Schädelinnere geleitet werden. Man wählt dazu grosse, annähernd gleich grosse Platten, von ca. 50—100 qcm Q, an der Stirn die An, am Nacken (z. B. in Form der Nackenelektrode s. S. 49) die Ka, und leitet einschleichend einen Strom von $^1/_2$ — höchstens 2 MA vorsichtig ein und nach ungefähr 5 Minuten vorsichtig wieder aus. Oder man setzt die Elektroden an den Schläfen auf und galvanisirt in derselben Weise, wobei man den + Pol erst an die eine Seite bringt, und dann — nach vorherigem, vorsichtigem Ausschleichen — die Stromrichtung wechselt. Kopfgalvanisation.

Es ist als sicher zu betrachten, dass bei diesem Verfahren Stromschleifen das Gehirn treffen, wie sich schon aus den, selbst bei vorsichtigem Ein- und Ausleiten oft unvermeidlichen Begleiterscheinungen (Flimmern, Schwindel etc.) ergiebt. Welche Wirkung der Strom aber

---

*) Manche Autoren empfehlen auch für spinale Leiden aller Art die sogen. Sympathicus-Galvanisation (s. unten bei „Chorea“). Der Nutzen ist höchst fraglich.

im speziellen Falle auf den vorliegenden Krankheitsvorgang ausübt, lässt sich nicht berechnen: dieselbe könnte ebenso leicht schädlich wie nützlich sein, und es ist deshalb im allgemeinen rätlich, diese sehr heikle Methode bei cerebralen Prozessen, besonders bei Herderkrankungen infolge von Gefässalteration, und auch bei Gefässalterationen ohne vorliegende Herdsymptome, entweder garnicht oder jedenfalls mit grösster Vorsicht zu benutzen. Besonders darf man sich in diesen Fällen nicht dadurch, dass die Patienten angeben, „nichts vom Strome zu fühlen" zur Verwendung grösserer Stromintensitäten oder gar zur Ausführung von Stromschwankungen verleiten lassen — Gänzlich contraindicirt ist das Verfahren bei allen acuten Prozessen, (frischen Blutungen z. B.) und allen eitrigen resp. fieberhaften Erkrankungen. — Dass dieselbe Kopfgalvanisation bei functionellen Leiden gute Resultate liefert und dafür sehr empfehlenswerth ist, ist weiter unten zu erwähnen. — Auch bei leichten functionellen Psychosen kann man das Verfahren versuchen.

Cerebrale Hemiplegieen.

2) Die symptomatische Behandlung der cerebralen Lähmungen schliesst sich an das an, was in den vorigen Abschnitten über die Behandlung der Lähmungen gesagt ist. Da bei diesen Lähmungen die faradische Erregbarkeit fast immer erhalten ist, wird man mit Vorteil die locale Faradisation (s. S. 103) der gelähmten Muskeln, soweit dieselben sich nicht in Contractur befinden, vornehmen, also z. B. an der hemiplegisch gelähmten oberen Extremität, wenn sie in Beugecontractur steht, die locale Faradisation der Streckmuskeln; an der unteren, wenn sie sich z. B. in Streckcontractur befindet, die Faradisation der Beuger (Unterschenkelbeuger und Dorsalflexoren des Fusses: Prädilectionsmuskeln nach Wernicke und L. Mann). Damit wird man 1) das unangenehme Contractionsgefühl zeitweilig beseitigen, 2) durch Erregung von Zuckungen in den gelähmten Muskeln deren Ernährungszustand bessern oder im Sinne Goldscheider's (s. S. 94) durch das Contractionsgefühl mittels Übertragung von Neuron zu Neuron „bahnend" wirken können. Wernicke vermuthet, dass dadurch Bewegungsvorstellungen in der Hirnrinde ausgelöst werden, welche die Lähmung direkt im Sinne der Heilung beeinflussen können.

Gegen Kopfschmerzen und Schwindel kann man — mit den oben genannten Einschränkungen — vorsichtig die Galvanisation (s. unter 1) versuchen. Auch die „faradische Hand" (s. S. 110) bringt man gelegentlich in Anwendung. Die Therapie cerebral bedingter Schmerzen, Paraesthesien etc. geschieht nach den mehrfach auseinandergesetzten Prinzipien. Kopfgalvanisation kann mit Vorsicht auch gegen arteriosclerotischen Schwindel angewendet werden.

3) Viele Autoren treten für die galvanische Behandlung der Augenmuskellähmungen ein: es wird entweder zur Kopfgalvanisation oder zur sogen. Sympathicusgalvanisation (s bei „Chorea") gerathen. Auch bei Atrophia n. optici sind mit diesen Methoden angeblich Resultate erzielt worden. Der direkten Electrisation sind die Augenmuskeln nicht zugänglich.

4) die Krankheiten des verlängerten Marks können versuchsweise mit Quergalvanisation durch beide Processus mastoidei (zwei gleich grosse Elektroden von ca. 30 qcm Q) behandelt werden, wobei besondere Vorsicht im Ein- und Ausschleichen erforderlich ist. Stromstärke bis höchtens 2 MA. Namentlich bei der progressiven Bulbärparalyse ist diese Methode versucht worden. Auch die Auslösung galvanischer Schluckbewegungen (s. S. 37) durch Bestreichen der seitlichen Halsgegend mit einer Ka von ca. 15 qcm Q bei 3—6 MA wird für diese Krankheit empfohlen. Oblongata-Erkrankungen.

Hier sei auch darauf hingewiesen, dass gegen Asphyxie die Faradisation beider Nn. phrenici (s. oben S. 36) gelegentlich mit Nutzen angewendet wird. Asphyxie.

---

## e) Functionelle Nervenleiden und solche unbekannter Genese.

### Hysterie, Neurasthenie und Hypochondrie.

Hysterie, Neurasthenie, Hypochondrie.

Bei der Behandlung dieser Erkrankungen spielt das suggestive Moment naturgemäss die Hauptrolle, sodass im Grunde jede Methode angewendet werden kann, die im speziellen Falle eine psychische Wirkung zu entfalten im stande ist. Zweckmässig könnte es im allgemeinen erscheinen, zunächst den faradischen Strom in fühlbaren Stärkegraden zu versuchen, weil er durch den grösseren sensiblen Eindruck die Aufmerksamkeit der Kranken in höherem Mass auf den behandelten Teil hinlenkt. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass nicht bei bestimmten Zuständen der galvanische Strom, z. B. am Kopf applieirt, einen grösseren psychischen Effect hervorrufen kann. Psychologisches Studiren des Einzelfalles, ärztliche Klugheit und richtiger Takt in der Wahl der Methode, oft auch Erfindungsreichsthum im Wechseln des Verfahrens sind nirgends so unbedingtes Erfordernis wie bei der Therapie dieser functionellen Zustände.

Ausser der reinen Suggestion, deren Wichtigkeit für die elektrische Behandlung der in Frage stehenden Leiden nicht hoch genug geschätzt werden kann, wird bei der Electrotherapie derselben noch wirksam sein können: 1) die Erzielung von Muskelcontractionen; so

beispielsweise in den Fällen, in denen die genannten Erkrankungen muskelschwache Individuen betreffen, und besonders in Verbindung mit einer sogen. „Mastkur“, bei der die allgemeine Faradisation, als Unterstützung der allgemeinen Massage, imstande sein dürfte, den bettlägerigen Kranken die mangelnde aktive Bewegung einigermassen zu ersetzen. 2) Die Anregung der Circulation sowohl in der Haut, als auch in den tieferen Geweben, wodurch eine günstige Beeinflussung des Stoffwechsels und des subjektiven Allgemeinbefindes (Hebung der Perspiration, des Appetits und der Ernährung etc.) erzielt werden kann. 3) Die durch kräftige faradische Hautreize bedingte, mannigfaltige reflectorische Wirkung auf die nervösen Centralorgane, selbst auf die allercentralsten Theile, deren Funktionsstörung offenbar die wesentlichste Rolle bei jenen Erkrankungen spielt.

Von Einzelheiten der symptomatischen Therapie bei diesen Leiden, die sich natürlich im Grossen und Ganzen den schon oft erwähnten Prinzipien anschliesst, seien noch folgende hervorgehoben:

Kopfschmerzen.

1) Die functionellen Kopfschmerzen und Schwindelzustände der Hysterischen und Neurasthenischen kann man bekämpfen:

a) mit der Galvanisatio capitis in der S. 107 ausführlich geschilderten Weise,

b) mit der Sympathicus-Galvanisation (s. bei „Chorea“),

c) mit der faradischen Hand: man applicirt die eine von zwei gleich grossen Elektroden am eignen Körper, indem man sie z. B. in die Hand nimmt, die andere Elektrode fixirt man in der üblichen Weise am Körper, (z. B. am Sternum oder im Nacken) des Patienten, und fährt dann mit seiner eignen freien Hand (bei schwachen faradischen Strömen) leicht streichend mehrere Minuten lang über den Kopf des Patienten. Man thut gut, vom suggestiven Effekt dieser Methode nicht zuviel zu erhoffen.

Rückenschmerzen.

2) Die hysterischen, neurasthenischen oder hypochondrischen Rückenschmerzen (Rachialgie) werden wie die übrigen functionellen Paraesthesien und Hyperaesthesien, mit der faradischen Bürste oder der Massagerolle behandelt. Auch die Rücken-Galvanisation (s. S. 106) kann man natürlich versuchen. — Für die symptomatische Behandlung der besonderen Schmerzpunkte, (z. B. Ovarie, Mastodynie) gelten die allgemeinen Grundsätze: Anodenbehandlung, leichte Bürstenfaradisation etc.

Hysterische Ausfallserscheinungen.

3) Für die Behandlung der hysterischen Ausfallserscheinungen (Aphonien, Lähmungen etc.) gilt besonders das Obengesagte von dem Effekt jedes suggestiv stark wirkenden Verfahrens. So wird man z. B. bei Lähmungen die locale Muskelfaradisation oder noch besser Galvano-Faradisation, bei Aphonien die „interne Kehlkopf-

Faradisation" (s. unten bei Behandlung „innerer Krankheiten") vornehmen können.

In nicht zu alten Fällen kann man gelegentlich Erfolg von dem sogen. „Überrumpelungs-Verfahren" sehen: indem man dem Patienten suggerirt, dass durch einmalige Electrisation das betreffende Symptom beseitigt werden wird, setzt man unter Einschaltung kräftiger faradischer Ströme eine bürstenförmige Elektrode (oder eine ähnliche, plötzlichen starken Schmerz verursachende) auf den Ort, an dem sich das Symptom abspielt (z. B. bei der Aphonie auf die Kehlkopfgegend, bei Armlähmung auf den Plexus brachialis), lässt sie dort ganz kurze Zeit stabil und fordert nun den Patienten auf, zu phoniren oder den Arm zu bewegen. Mit kleinen Zwischenpausen wiederholt man diese Prozedur mehrmals, wobei man mit Ernst und Ruhe, in der üblichen Weise suggerirend, dem Kranken zuredet. So gelingt es mitunter, in einer einzigen Sitzung ein lange bestehendes Ausfallssymptom verschwinden zu sehen. Zur Befestigung des Erfolges kann man dann in den nächsten Tagen noch einige Male (dann event. mit schwächeren Strömen) das Verfahren wiederholen. — Diese Methode ist aber recht gewaltsam und überdies keineswegs zuverlässig; sie versagt ziemlich oft, und damit erleidet natürlich die Suggestibilität des Patienten nicht nur dieser, sondern auch anderen therapeutischen Methoden gegenüber grosse Einbusse: man muss sich, bevor man zu diesem Verfahren greift, klar machen, dass es eine Art Va-banque-Spiel bedeutet. — Trotzdem ist es in frischen Fällen schon darum gelegentlich empfehlenswerth, weil man dadurch oft im stande ist, dem Geschäfts-Hypnotismus grade seine schönsten Opfer zu entreissen.

4) Bei den functionellen Nervenleiden, besonders bei den Patienten, die eine sogen. Mastkur gebrauchen, ist um ihrer erfrischenden, die Thätigkeit des Gesamtnerven- und Cirkulationssystems anregenden Wirkung willen eine allgemeine Faradisation des Körpers zu empfehlen. Man nimmt dieselbe in der Weise vor, dass man bei mittleren (nicht zu grossen) faradischen Strömen, mit einer Bürste oder der befeuchteten Massagerolle streichend und klopfend der Reihe nach über Arme, Brust und Leib, Rücken und Beine des Patienten mehrere Minuten lang hinüberfährt. Die ganze Procedur braucht nicht länger als 15—20 Minuten zu dauern. Während die ersten Sitzungen hin und wieder eine gewisse Abspannung hinterlassen, tritt der günstige Einfluss oft schon nach einigen Tagen hervor.

Allgemeine und centrale Electrisation.

Auch eine allgemeine Galvanisation kann man versuchen: Die Ka sitze als grosse Platte an indifferenter Stelle, während die An von kleinerem Querschnitt etwa $^1/_4$ Stunde lang über die einzelnen Teile gleitet. — „Centrale Galvanisation" nennt man ein Verfahren, bei welchem eine grosse Ka in der Magengrube sitzt, während die An wandert, und zwar sitzt sie 2 Minuten an der Stirn, 2 Minuten am Nacken, ca. 5 Minuten am „Sympathicus" (s. bei „Chorea"), wobei natürlich an jeder Station ein- und ausschleichend der Strom von Neuem applicirt wird; sodann folgt eine labile Rückengalvanisation.

Die Teile, die Sitz besonderer Beschwerden sind, sind dann im Sinne der oft genannten Prinzipien zu behandeln. —

Eine Einwirkung des Stromes auf den gesammten Körper kann in den hier in Frage stehenden Fällen auch erreicht werden durch die

Elektrische Bäder.

5) elektrischen Bäder. Man kann den faradischen oder galvanischen Strom in Bade-Wasser leiten und unterscheidet dabei zwei Hauptformen des Bades: das monopolare und das dipolare. Beim monopolaren galvanischen Bade wird der eine Pol — z. B. die Ka — zum Wasser geleitet, während eine über die Wanne gelegte Röhre, die der Patient mit den Händen anfasst, oder eine grosse Rückenplatte (400 qcm Q) an die sich der Patient anlehnt, mit dem andern Pol — z. B. der Anode — verbunden wird und gewissermassen als indifferente Elektrode dient. Man spricht von einem Kathoden-Bad, wenn das Wasser die Ka enthält, und umgekehrt. Bei einem dipolaren galvanischen Bade werden beide Elektroden zum Wasser geführt, und der Patient berührt keine von beiden. Diesen Bädern kommt eine beruhigende Wirkung zu, die man verstärken kann, wenn man dem im Bade sitzenden Körper eine die Körpermitte treffende und die Wanne gleichsam halbirende Gummi-Scheidewand aufsetzt (Zweizellenbad). Dann muss der gesammte Strom, der sonst im Wasser Stromschleifen bildet, von einer zur andern Elektrode den Körper passiren. Die Stromstärken gehen bis 100 und mehr MA. — Die Dauer beträgt anfangs ca. 10 Minuten und steigt dann. — Schmerzen oder dergl. treten selbst bei hohen Stromstärken nicht ein. — Für die faradischen Bäder gilt bezüglich der Technik dasselbe. Man wird hier die dipolaren Bäder (wie übrigens auch für den galvanischen Strom) entschieden bevorzugen. Die Wirkung ist ähnlich der bei allgemeiner Faradisation: hauptsächlich erfrischend.

Traumatische Neurosen.

6) Für die localen Beschwerden der Neurastheniker etc. wird man nach den allgemeinen Grundsätzen erfahren. Besonders wäre noch zu erwähnen, dass für die unter das Unfallversicherungsgesetz fallenden traumatisch entstandenen Neurasthenien, Hysterien und Hypochondrien besondere Verfahren nicht angezeigt sind. Man hüte sich nur davor, zu starke faradische Ströme, zum Zwecke der „Simulanten-Abschreckung“, wie sie in manchen „Heil-Anstalten“ geübt wird, anzuwenden.

Sexuelle Beschwerden.

7) Gegen die sehr häufigen sexuellen Beschwerden (Impotenz, Pollutionen etc.) kann man entweder mit dem faradischen Strom eine Bürstung der Lendenwirbelsäule vornehmen, oder mit dem galvanischen Strom eine labile Behandlung derselben Gegend (wie sie S. 106 geschildert ist) ausführen: wenn man das — ohnehin hypothetische — elektrotonische Prinzip auch für diese complicirten Vorgänge verwerthen will, kann man bei Zuständen erhöhter sexueller Erregbarkeit

die An, bei Zuständen herabgesetzter die Ka als gleitende Elcktrode anwenden. Auch eine Behandlung mit absteigenden Strömen (s. S 101) von der Lumbalgegend (An) nach dem Perineum (Ka) kann versucht werden. Es ist aber kaum anzunehmen, dass alle diese Verfahren anders als suggestiv wirken. — Darum sind auch besondere Vorschriften über Dosirung des Stromes nicht nothwendig; man nehme im allgemeinen fühlbare, jedoch nicht zu starke Ströme. — Eine direkte Behandlung (namentlich etwa Faradisation) der Genitalien ist zu widerraten.

b) Gegen die Schlaflosigkeit wendet man oft mit günstigem Erfolge eine Kopfgalvanisation (besonders in den Abendstunden) an. Auch die Nacken- oder die Sympathicus-Galvanisation kann dabei gebraucht werden. Schlaflosigkeit.

c) Die Angstzustände der Hysterischen und Hypochonder bekämpft man versuchsweise mit der Sympathicus-Galvanisation.

d) Gegen die Herzpalpitationen empfiehlt sich gelegentlich eine locale galvanische An-Behandlung der Herzgegend mit schwachen Strömen. Eine indifferente Elektrode sitze dabei im Nacken (oder am Sternum). Man kann auch für diese Störung, sowie für die vasomotorischen und sekretorischen Beschwerden functioneller Natur, also z. B. für die Hyperhidrosis, das vorübergehende Erröten etc., die sogen. Galvanisation des Sympathicus (s. unten) vornehmen. Herzpalpitation.

e) Über Zittern s. S. 115. — Die Behandlung bei functionellen Magen-, Darm- Beschwerden etc. wird bei „Behandlung innerer Krankheiten“ S. 118 besprochen. — Über Blasenbeschwerden s. bei „Enuresis nocturna,“ p. 116.

## Chorea und Athetose.

Die elektrische Behandlung der Chorea und Athetose bietet im allgemeinen keine glänzenden Aussichten. Man vermeide den faradischen Strom und mache entweder eine locale Galvanisation der zuckenden Theile mit einer befeuchteten gleitenden An von kleinerem Querschnitt (ca. 20 qcm) bei schwachen Strömen, also bis 3 MA etwa, wobei eine grössere Ka in der Fossa jugularis sitzt, oder man versuche Chorea und Athetose.

a) Die Galvanisation des Hals-Sympathicus: eine Elektrode (An) von kleinem Querschnitt (ca. 5 qcm) sitzt am Hals in der Gegend unter dem Ohrläppchen, hinter dem absteigenden Unterkieferast, eine zweite (Ka) von gleichem Querschnitt in der Fossa jugularis. Man schaltet (vorsichtig einschleichend) einen Strom von ca. 1—3 MA ein, den man einige Minuten einwirkeu lässt. Danach wird vorsichtig wieder ausgeschaltet. Man kann die Ka auch an Sympathicus-Galvanisation.

die symmetrische Stelle der andern Seite oder an die Gegend der unteren Halswirbelquerfortsätze der andern Seite setzen.

b) Die Nacken-Galvanisation: die An (15—30 qcm Q.) sitzt am Nacken, die Ka (indifferent, ca. 100 qcm) am Sternum oder in der fossa jugularis. Stromstärke 2—5 MA.

## Morbus Basedowii.

Morbus Basedowii.

Auch für dieses Leiden ist die Sympathicus-Galvanisation empfohlen werden. Aber man kann auch — wenn man die Basedow'sche Krankheit als eine Krankheit der Oblongata ansieht —, die Galvanisation der Medulla oblongata ausführen, indem man zwei gleich grosse Elektroden von mittlerem Querschnitt, gut befeuchtet, auf beide Processus mastoidei aufsetzt. Man lässt den Strom erst in einer Richtung und dann in der umgekehrten hindurchgehen, achte aber hier besonders noch auf vorsichtiges Ein- und Ausschleichen, und wende die Stromrichtung nicht bei geschlossenem Strom. Die Stromstärken seien nur gering: also $^1/_2$—$1^1/_2$ MA.

Am meisten Erfolg — und in manchen Fällen anscheinend ganz eklatanten Erfolg — verspricht für die Therapie des Morbus Basedowii die galvanische Durchströmung der Struma, resp. (wo keine Struma vorhanden ist) der Thyreoidea. Die Anordnung und Grösse der Elektroden, sowie die übrigen Regeln sind analog denen bei der Galvanisation der Oblongata. Die Elektroden sitzen zu beiden Seiten der Struma. Die Dauer der Sitzung beträgt ca. 5—10 Minuten. Wiederum lässt man den Strom erst in der einen, dann (nach vorsichtigem Ausschleichen) in der umgekehrten Richtung hindurchgehen. —

## Vasomotorische und sekretorische Neurosen.

Vasomotorische und sekretorische Neurosen.

Dahin gehören: locales Erröten oder Erblassen, locale Asphyxie, Erythromelalgie, vorübergehende locale Oedeme, Urticaria, Hyperhidrosis etc. — Die Aussichten der elektrischen Behandlung sind auch für diese Zustände keine glänzenden. Man versuche die Galvanisation des Sympathicus (s. oben bei „Chorea".)

Bei der Erythromelalgie und den höheren Graden localer Asphyxie (Raynaud'sche Krankheit) kann man auch die Galvanisation des Rückenmarks versuchen. Bei geringeren Graden localer Asphyxie, sowie bei den Akroparaesthesien sieht man von faradischer Bürstung der afficierten Extremitäten-Enden, z. B. der Fingerspitzen, nicht selten (vorübergehenden) Erfolg.

## Hemikranie.

Hemikranie.

Die Behandlung geschieht analog den S. 110 für die Cephalalgie angegebenen Verfahren. Besonders für die sogen. angioparalytischen

Formen, d. h. diejenigen, die mit starker Gesichtsblässe einhergehen, lohnt es sich wohl, die Galvanisatio capitis oder die des Sympathicus zu versuchen.

## Zittern.

Wenn das Zittern ein Symptom eines andren Leidens ist (multiple Sclerose, Intoxicationen, Basedow, Hysterie etc.), so wird es meistens nicht besonders electrotherapeutisch berücksichtigt. — Gelegentlich tritt es aber gewissermassen idiopathisch auf (essentieller, congenitaler, hereditärer, seniler Tremor etc.), oder es beherrscht das Krankheitsbild (wie z. B. in manchen Fällen von Hysterie). Dann kann man versuchen, durch faradische Bürstung mit nicht zu starken Strömen, durch Sympathicus- oder Nacken-Galvanisation eine Besserung herbeizuführen. Man darf sich aber nach dieser Richtung keinen grossen Hoffnungen hingeben. Es ist wohl auch hier in den Fällen, in denen ein Erfolg eintritt, ein rein suggestiver Erfolg. — Auch elektrische Bäder (s. S. 112) werden empfohlen. Zittern.

## Paralysis agitans.

Für frische Fälle ist Galvanisatio capitis empfohlen worden. Im übrigen gilt hier das vom Tremor Gesagte. Grosse Wirkungen sind auch hier nicht zu erwarten. In alten Fällen ist elektrotherapeutisch garnichts zu thun; höchstens bringen elektrische Bäder vorübergehend Erleichterung. Paralysis agitans.

## Beschäftigungsneurosen (Schreibe-Neurose etc.)

Man muss dabei die einzelnen Formen unterscheiden, nämlich Beschäftigungsneurosen.

1) die sensorische,

2) die motorische, und unter dieser wieder

a) eine paretische,

b) eine spastische (und wenn man will,

c) eine tremorartige) Form.

1) Bei den sensorischen Formen, die sich im wesentlichen in Paraesthesien oder Schmerzen äussern (wie z. B. vielfach bei der Violinspieler-, Telegraphisten-Neurose etc.), und bei denen motorische Beschwerden fehlen, wird eine faradische Bürstung der in Frage kommenden Theile (z. B. Finger, Hand etc.) räthlich sein, — event. wird man auch eine stabile oder labile Anodenbehandlung, oder die schwellenden faradischen Ströme (s. S. 105) anwenden können.

2) a) Die paretischen Formen, wie sie bei Schreibern, Klavierspielern, Näherinnen etc. (wenn auch nicht grade häufig) vorkommen, behandelt man nach den Prinzipien, die bei allen übrigen Paresen herrschen, also mit localer Muskelfaradisation oder (Ka-) Galvanisation oder Galvano-Faradisation der von der Parese betroffenen, also der

speciell bei der betreffenden Beschäftigung in Aktion tretenden Muskeln (z. B. bei der Schreiber-Parese: der Daumenballenmuskeln, der Interossei, der Hand- und Fingerbeuger etc.)

b) Bei den spastischen Formen hingegen wird man grade die krampfenden Muskeln möglichst schonen und nicht zur Contraction bringen. Man wird sie höchstens vorsichtig mit der labilen An bei schwachen, galvanischen Strömen bestreichen. Dagegen kann man die Antagonisten dieser Muskeln kräftig local faradisiren (mit der Unterbrecher-Elektrode), um durch deren event. Kräftigung, sowie durch passive Dehnung der krampfenden Muskeln günstig zu wirken.

c) Für die tremorartigen Formen gilt das oben unter „Zittern" Gesagte.

## Tetanie.

Tetanie.

Die Behandlung ist analog der für die localen Krämpfe angegebenen, (s. S. 100), also hauptsächlich galvanische Anodenbehandlung.

## Enuresis nocturna.

Enuresis nocturna.

Es empfiehlt sich nicht, zur Behandlung dieses Symptoms sich der bougieförmigen Elektroden zu bedienen, die angegeben worden sind, und die in die Urethra eingeführt werden, während der andere Pol, mit einer grossen, indifferenten Platte bewaffnet, auf dem Sternum oder dergl. aufsitzt. Man sollte niemals ohne Not bougiren oder katbeterisiren. Sind die Bougie-Elektroden unüberzogen, dann verätzen sie überdies die Schleimhaut Es genügt zweifellos, um recht günstige Resultate zu haben, eine „externe" Behandlung: und da kann man entweder die eine Elektrode (Ka) an die Lumbalgegend, und die andere (An) auf das Perineum setzen und nun mittelstarke (2—6 MA) galvanische oder auch mittlere faradische Ströme durchleiten; oder die Ka sitzt in der Lumbalgegend, die An über der Symphysis ossium pubis, und man verfährt in derselben Weise; oder schliesslich die An sitzt an der Symphyse, die Ka am Perineum. Wieder ist das Verfahren das gleiche.

In allen Fällen wähle man die Elektroden von gleicher und mittlerer Grösse (ca. 20—50 qcm).

Auch die Blasenbeschwerden der Tabiker oder anderer Rückenmarksleidenden und die der Neurasthenischen und Hysterischen kann man in ähnlicher Weise behandeln.

Zur Behandlung mit der bougieförmigen Elektrode wird man sich nur ausnahmsweise entschliessen, also in sehr hartnäckigen Fällen, oder (z. B. bei neurasthenischen und hysterischen Urinbeschwerden), um einen bestimmten suggestiven Effekt zu erzielen. Es braucht nicht gesagt zu werden, dass sorgfältigste Asepsis bei Einführung der Elektrode zu beobachten ist. —

---

### f) Gelenk-Erkrankungen.

Von der elektrischen Behandlung ausgeschlossen sind akute, namentlich eitrige oder sonstige infektiöse Gelenkleiden. Für die übrigen, also namentlich die subchronischen und chronischen, ist die Therapie im Grossen und Ganzen die gleiche, mögen sie auch noch so verschiedene Ätiologie und anatomische Grundlage haben. Man kann nämlich nur folgende Methoden anwenden: Gelenkleiden.

1) eine Durchströmung des erkrankten Gelenks mit nicht zu starken faradischen oder galvanischen Strömen, wobei das Gelenk zwischen die beiden Elektroden genommen wird. Die Grösse der Elektroden hängt von der Grösse des Gelenks ab; die Dauer der Durchleitung beträgt ca. 10 Minuten. Man rechnet dabei auf eine elektrolytische Wirkung des Stromes.

2) kann man eine Rollung der Gelenkgegend mittels der Massagerolle vornehmen, wobei man wiederum mittelstarke faradische (event. auch galvanische) Ströme verwendet.

3) ist es mitunter zweckmässig, sich elektrischer Bäder zur Behandlung articulärer Erkrankungen zu bedienen und zwar entweder (bei ausgedehnter Polyarthritis) der Vollbäder (s. S. 112); oder man kann (bei mehr circumscripten Erkrankungen, z. B. bei einer, Hand oder Fuss allein betreffenden, subchronischen oder chronischen Arthritis rheumatica oder urica, oder auch bei Ankylose der Hand und Fingergelenke etc.) locale Bäder versuchen. Man leitet den Strom sehr leicht durch das Bad, wenn man eine indifferente Elektrode am Körper, z. B. am Sternum, befestigt und die andere ins Bad versenkt, resp. die Leitungsschnur des andern Pols mit einem leitenden Badegefäss (z. B. einem Topf oder einer Wanne) durch eine daselbst angelötete Polklemme verbindet, sodass das Badegefäss gewissermassen als Elektrode an die Leitungsschnur angeschraubt wird.

4) wird man bei Bestehen von Muskelatrophien, wie sie sich häufig an Gelenkerkrankungen anschliessen, in der gewöhnlichen Weise (s. S. 102 und 103) die locale Muskelbehandlung vornehmen.

Nach denselben Prinzipien verfahre man bei Sehnen- und Sehnenscheidenerkrankungen; besonderes ist hierüber nicht zu bemerken.

---

### g) Erkrankungen innerer Organe und Allgemein-Krankheiten.

Für die verschiedenen inneren Organe sind spezielle Metall-Elektroden konstruirt, um bei aussensitzender indifferenter Elektrode den differenten Pol in das Innere des Organs einführen zu können; solche Elektroden existiren z. B. für den Magen, den Mastdarm, die

Blase, die weiblichen Genitalien, den Kehlkopf, die Nase. Alle Metall-Elektroden, wenn sie mit dem galvanischen Strom eingeführt werden, können die Schleimhäute leicht anätzen. Deshalb sind sie im Allgemeinen zu verwerfen. Überzogene Elektroden (z B. in Form eines Magenschlauchs in den Magen geführt) können eher verwendet werden. Meistens sind auch sie überflüssig und können mit demselben Erfolge durch äussere Applikationen des Stromes ersetzt werden: die inneren Applikationen sind nur zum Zwecke besonderer suggestiver Wirkungen mitunter zu verwerten. Die äusseren können in folgender Weise gemacht werden:

Magenkrankheiten. 1) Bei functionellen Erkrankungen des Magens setzt man, wenn man sie elektrisch behandeln will, eine An von 500 qcm Q befeuchtet auf den Rücken, eine Ka von ca. 100—300 qcm Q. auf die Magengegend, und leitet einen Strom von ca 10—30 (und auch mehr) MA etwa 15 Minuten lang stabil hindurch. Bei Hypacidität, nervösem Erbrechen, Gastralgien, Rumination, Atonie und Dilatation sind mit dieser Methode gute Resultate zu erzielen. Auch Faradisation ist zu versuchen. —

Darmkrankheiten. 2) Darm-Neurosen und Obstipationen kann man mit ähnlichen galvanischen Applikationen (nur dass die Darmelektrode labil geführt wird) oder mit Faradisation des Leibes (bei geringer Stromstärke) günstig beeinflussen.

Kehlkopfkrankheiten. 3) Bei Kehlkopf-Muskellähmungen oder functionellen Störungen (Aphonie) kann man in der That ohne Schaden mit einer überzogenen Elektrode (Fig. 29.) (bei indifferenter auf dem Sternum) unter Hülfe des Kehlkopfspiegels schwache interne Galvanisation oder Faradisation ausführen. Mit einem ähnlichen Verfahren behandelt man auch die (z. B. diphtherischen) Gaumensegel-Lähmungen.

Fig. 29.

Blasenkrankheiten. 4) Blasen und Sexualkrankheiten s. S. 116. — Auch ein Emmenagogon soll angeblich der galvanische Strom sein (?).

Hautkrankheiten. 5) Bei Sclerodermie und einigen Hautkrankheiten, z. B. Prurigo, soll man nach einigen Autoren die Sympathicus-Galvanisation versuchen.

Chlorose. 6) Für Chlorose und Anaemie ist allgemeine Faradisation oder elektrische Bäder oft von Vorteil.

---

## 9. Capitel.
## Ueber elektrotherapeutische Apparate.

Es kann nicht die Aufgabe eines elektrotherapeutischen Leitfadens sein, eine Beschreibung aller oder auch nur vieler von den zahlreichen Apparaten oder Hülfsapparaten zu geben, die für die

elektrische Diagnostik und Behandlung empfohlen und konstruirt worden sind. Es muss demjenigen, der einen Apparat erwerben will, überlassen werden, sich an der Hand der von den grossen Firmen herausgegebenen Kataloge über die einschlägigen Fragen zu orientiren. Es soll hier nur in Kürze auf diejenigen Punkte hingewiesen werden, die bei der Anschaffung, Auswahl und Benutzung eines Apparats massgebend sein müssen. Die Anforderungen, die an einen guten Apparat zu stellen wären, sind:

1) möglichste Constanz der Elemente, 2) möglichste Exaktheit und Handlichkeit der Nebenapparate, 3) möglichste Billigkeit.

## Die constanten Elemente.

Constante Elemente.

Wenn man ein Element in einfacher Weise (s. S. 1) so zusammenstellt, dass man zwei Metallstücke, z. B. ein Stück Zink und ein Stück Kohle, in eine Flüssigkeit, z. B. Säurelösung, tauchen lässt, so geht während der ganzen Dauer des Eintauchens eine Electrolyse des in der Lösung enthaltenen Wassers vor sich, eine Trennung in H und O. Während sich der Wasserstoff am negativen Metall, an der Kohle, ansetzt, verbindet sich der Sauerstoff mit dem positiven Metall, dem Zink, zu Zinkoxyd; enthält nun die Säure z. B Schwefel, so verbindet sich das Zinkoxyd mit diesem zu Zinksulfat, welches sich in der Flüssigkeit auflöst. — So tritt erstens eine allmähliche Verkleinerung des Zinks ein, zweitens eine allmähliche Umhüllung der Kohle, und drittens eine allmähliche Veränderung der Element-Flüssigkeit. Alle drei Umstände tragen dazu bei, eine allmähliche Schwächung der (elektromorischen) Kraft des Elements herbeizuführen. — Diesen Vorgang nennt man Polarisation. Er verursacht schliesslich eine völlige Unthätigkeit des Elements Wenn man solche Elemente zum Treiben galvanischer Batterien anwendet, so muss man darauf achten, dass man 1) die Metalle nur während der Zeit der Benutzung in die Flüssigkeit tauchen lässt und nachher sofort aus derselben heraus hebt; dass man 2) nach mehrstündiger Benutzung die Flüssigkeit erneuert, sobald man nämlich merkt, dass der Strom, den der Apparat liefert, allmählich schwächer wird; und dass man 3) nach mehrwöchentlichem resp. mehrmonatlichem Gebrauch die Zinkplatte erneuert. Man hat Elemente eines ähnlich einfachen Baues konstruirt, sie bilden die sogen. Tauchbatterien, die man zum Treiben der transportablen galvanischen Apparate benutzt. (Deren Beschreibung s. unten S. 122 ff.)

Um die Übelstände zu vermeiden, die mit dem fortwährenden Füllen und Reparieren verbunden sind, und um eine grössere Gleichmässigkeit in der Thätigkeit zu erzielen, hat man versucht, Elemente zu schaffen, bei denen die Polarisation möglichst vermieden wird und demgemäss keine oder doch nur eine sehr langsame Abnutzung eintritt, sogen. constante Elemente.

Von ihnen sind zu nennen:

1) Das Daniell-Siemens'sche Element (Fig. 30 und 31): es

Fig. 30.

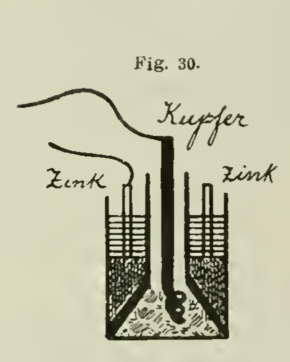
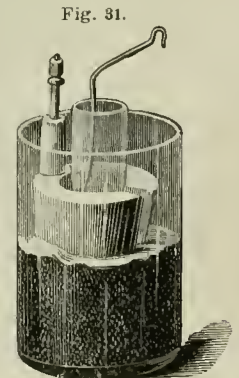



Fig. 31.



besteht aus Zink, Kupfer und einer verdünnten Lösung von Schwefelsäure. — Das Kupfer bildet einen Stab mit einem unteren spiralförmigen Eude. Dieser Stab taucht in die Flüssigkeit, die ausserdem Stücke von Kupfervitriol enthält. Das Zink bildet einen Cylinder, der den Kupferstab umgiebt. Zwischen beiden Metallen befindet sich ein Trichter, dessen breite Öffnung auf dem Boden des Element-Gefässes aufruht, und der im oberen Teile aus Glas, im unteren aus Thon besteht. Durch aufgestopfte Pappe ist der Trichter in seiner Lage fixiert. Auf der Pappe sitzt also der Zinkcylinder, der Kupferstab steckt im Trichter. — Durch die Trennung der Metalle von einander wird eine Electrolyse der Element-Flüssigkeit verhindert oder wenigstens sehr erschwert, sodass eine Polarisation erst nach monatelangem, intensivem Gebrauch auftritt. Man hat mit einer aus solchen Elementen bestehenden Batterie nichts zu thun, als dass man von Zeit zu Zeit Flüssigkeit aufgiesst. Erst nach Monaten und Jahren müssen die Zinkstäbe von angesetzten Kristallen gereinigt, resp. erneuert werden. Das Element ist also sehr constant.

2) Das Leclanché-Element (Fig. 32), wohl das constanteste und am meisten verbreitete Element: es besteht aus einem Zinkstab, einem Kohle-Braunsteinstab und einer Salmiaklösung. Es giebt verschiedene Formen und Modifikationen dieses Elements. Eiue in Berlin vielfach angewendete ist die von Hirschmann angegebene, die ganz analog dem Daniell-Siemens'schen Element gebaut ist; uur dass der spiralige Kupferstab durch einen soliden Zinkstab, der Zinkcylinder aber durch einen Kohlecylinder ersetzt ist, und dass dic Flüssigkeit eben aus

Fig. 32.



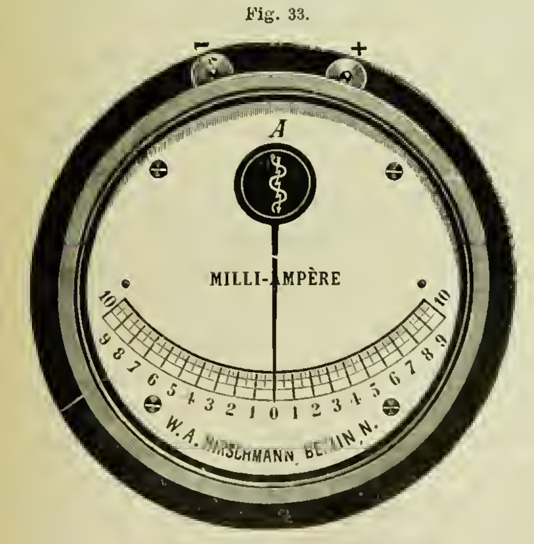
einer Salmiaklösung besteht. Die zahlreichen andern Formen, von denen die Fig. 32 eine zeigt, weichen nur in Nebendingen von dieser ab. — Ausser einem gelegentlich nothwendigen Aufgiessen von Lösung kann man auch dieses Element unverändert monatelang, täglich mehrere Stunden benutzen. Erst nach Jahren ist bei mittlerem Gebrauch eine Erneuerung des Zinkstabes nötig.

Die Einrichtung des Apparates und der Nebenapparate.

Aus solchen Leclanché- oder Daniell-Elementen besteht die grosse Mehrzahl der Batterien, die zum Treiben der grösseren stationären Apparate benutzt werden. Die Batterie besteht aus etwa 30—60 Elementen, die meistens in einem Tischkasten in der oben (S. 3) geschilderten Weise hintereinander gereiht sich befinden. Ausserdem stehen im Kasten noch zwei ebensolche (aber „gleichnamig" verbundene, z. B. Leclanché-) Elemente, die zum Treiben des faradischen Apparats dienen. Die übrige Einrichtung eines solchen stationären Apparats für galvanischen und faradischen Strom ist oben (S. 4 ff.) ausführlich beschrieben worden. Es giebt natürlich zahlreiche Modifikationen in der Construction des Apparats und der Nebenapparate, die hier nicht näher zu erörtern sind. Zu erwähnen sind nur folgende Punkte: Stationäre Apparate.

Als Rheostaten bedient man sich am besten des beschriebenen Neusilber-Rheostaten. Bei den von Leclanché-Elementen gespeisten Apparaten wird in der Regel der Rheostat im Hauptschluss (s. S. 9) angebracht. Für kleinere, transportable Apparate werden auch andere Rheostaten benutzt, die unten erwähnt werden sollen. Je grösser der Rheostat ist (je mehr Contacte er enthält), um so feinere Abstufung in der Stromstärke wird möglich sein.

Fig. 33.




Von Galvanometern ist das neueste das auf der Fig. 33. abgebildete, sehr empfehlenswerte Vertikal-Galvanometer von Hirschmann. Bis vor kurzem war vielfach ein anderes, gleichfalls gut arbeitendes Galvanometer im Gebrauch, welches eine liegende Nadel enthält, die an einer ebenfalls liegenden Scala schwingt (Horizontal-Galvanometer) (s. Fig. 4 und 5.)

Die älteren Formen von Vertical-Galvanometern

sind darum nicht praktisch, weil die Nadel bei Stromschwankungen lange Zeit braucht, ehe sie zur Ruhe kommt: ehe man dann die vorhandene Stromstärke ablesen kann, ist durch Sinken des Hautwiderstandes vielfach bereits eine Änderung der vorhandenen Stromstärke eingetreten, sodass man ein falsches Resultat abliest. Die Nadel des neuen Hirschmann'schen Vertical- und des Horizontal-Galvanometers hingegen schwimmt gleichmässig und ermöglicht durch Ausfall von Schwankungen ein rasches Ablesen. Auch die Galvanometer werden in verschiedenen Grössen angefertigt; die grössten lassen ein Ablesen von kleinsten Bruchteilen eines MA zu, arbeiten also am exactesten.

Der Preis eines stationären Apparats für faradischen und galvanischen Strom, der allen Anforderungen gerecht wird, schwankt in den besseren Fabriken etwa zwischen 400—1000 Mark.

An Orten, in denen elektrische Beleuchtungs- oder andere Gleichstrom-Dynamo-Anlagen sich befinden, kann man mit Vorteil die elektrotherapeutischen Apparate an die öffentliche Leitung anschliessen lassen. Man erspart dann die Anschaffung von Elementen und die Reparaturen Durch eingeschaltete Widerstände wird an den hierfür konstruirten Apparaten der für unsere Zwecke viel zu starke Strom, der von den Anlagen geliefert wird, soweit abgeschwächt, um diagnostisch und therapeutisch mit Hülfe grosser Rheostaten verwertet werden zu können.

Die Apparate sind entsprechend billiger als die von Elementen getriebenen. —

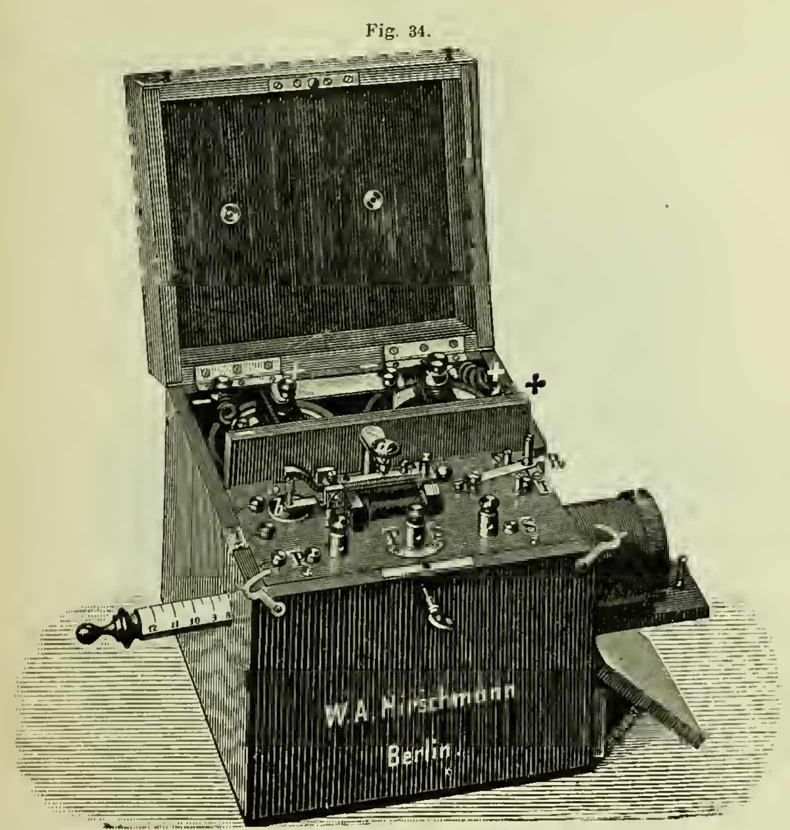
## Transportable Apparate.

Transportable Apparate.

Für Behandlung ausserhalb der ärztlichen Wohnung werden Apparate angefertigt, die transportirt werden können.

Die faradischen transportablen Apparate (z. B. Fig. 34) sind nach demselben Prinzip konstruirt, wie die stationären; nur sind die Spiralen gewöhnlich kleiner. Die Spiralen und ein oder zwei treibende (Leclanché-) Elemente befinden sich in einem verschliessbaren Holzkästchen. Durch Stöpselung oder durch Verschieben eines Contact-Hebels (von einem Contact R [Ruhe] nach einem Contact T [Thätigkeit]) wird der Apparat in Aktion gesetzt. Durch Herausziehen oder Hineinschieben der secundären Spirale oder des Eisenkerns (s. S. 13, Anm.) wird der Strom verstärkt oder abgeschwächt. An vielen dieser transportablen Induktionsapparate ist auch die Möglichkeit gegeben, von besonderen, mit P bezeichneten Polklemmen den primären Strom (Extracurrent, s. S. 14) abzuleiten. Die besondere praktische Bedeutung dieses Stromes ist gering. — Je kleiner diese Apparate sind, um so unexakter arbeiten sie häufig, und um so weniger sind sie für feinere Untersuchung und für Behandlung zu empfehlen.

Fig. 34.




Es giebt auch transportable Induktionsapparate, die nicht von Leclanché-, sondern von Tauchelementen (s. S. 119) getrieben werden. Letztere werden in Form von Flaschen benutzt, die mit einem Chromsalz-Gemisch gefüllt sind, und in welche ein Zink- und ein Kohle-Braunsteinstab eintaucht. Zum Speisen der faradischen (auch stationären) Apparate sind solche Chromsäure-Elemente sehr wohl brauchbar; nur muss jedesmal bald nach dem Gebrauch der Zinkstab herausgehoben werden. — Auch Trockenelemente können für transportable Apparate verwendet werden. Sie haben den Vorteil der sicheren Transportfähigkeit und einer grossen Haltbarkeit. — Die Preise brauchbarer transportabler Apparate schwanken zwischen ca. 40—80 Mk.

Die transportablen galvanischen Apparate (z. B. Fig. 35) werden meistens von Chromsäure-Batterien getrieben. In einem Holzkasten befindet sich ein trogförmiger Einsatz, der in zahlreiche (20-40-50) Fächer oder Zellen geteilt ist. Jede dieser Zellen bildet ein Gefässchen für sich, welches mit dem oben genannten Chromsalz-Gemisch gefüllt wird. An der Decke des Apparatkastens hängen an Schrauben in das Innere des Kastens hinein paarweise angeordnete, ebenso zahl-

Fig. 35.




reiche (20—50) Zink- und Kohlestäbchen. Sie sind in Parallelreihen von je 10 angeordnet. Jedem Zink-Kohlepaar entspricht ein Metall-Contact am Kastendeckel. Durch eine an der Seite des Kastens angebrachte Hebelvorrichtung kann der trogförmige Einsatz mit den Flüssigkeitszellen soweit in die Höhe gehoben worden, dass die Stäbchen in die Flüssigkeit eintauchen; dann entsteht der galvanische Strom, der in gewöhnlicher Weise von zwei Polklemmen vermittelst isolierter Leitungsschnüre abgeleitet wird.

An dem Apparat befindet sich ausserdem noch

1) ein kleiner Stromwender (s. S. 11).

2) ein kleines, absolutes Galvanometer*), das von den meisten Firmen schon für einen recht geringen Preis, exact arbeitend, hergestellt wird, und

Rheostaten. 3) meistens auch ein kleiner Rheostat. Hierzu werden dann nicht die Neusilber-Rheostaten verwendet, sondern entweder Graphit-Rheostaten (s. Fig. 36), die recht gut arbeiten, oder — ebenso gut oder sogar zweckmässiger — die Eulenburg'schen Flüssigkeits-Rheostaten. (s. Fig. 35, links bei Z).

*) Die alten Apparate enthielten an dessen Stelle ein sogen. Galvanoskop, das nur anzeigt, ob Strom vorhanden ist oder nicht, aber ein Ablesen in absoluten Massen nicht erlaubt.

Die letzteren bestehen in einem mit Wasser gefüllten, cylindrischen Kästchen, in welchem mit Hülfe einer schraubenförmigen Vorrichtung die Einschaltung grösserer oder geringerer Widerstände bewirkt wird.

Fig. 36.




Graphit-Rheostat.

Die Elemente werden entweder mittels eines ähnlichen Elementenzählers, wie bei den stationären Apparaten, (s. S. 4) eingeschaltet oder mittels einer schlittenartigen Vorrichtung, die, über die am Deckel angebrachten Contacte gleitend, ein Element nach dem andern und eine Elementenreihe nach der andern zu benützen gestattet. (An alten Apparaten befindet sich an Stelle des Schlittens eine Vorrichtung zum Stöpseln: ein umständliches Verfahren erlaubt mit Hülfe dreier an einer gegabelten Leitungsschnur befindlichen Metallhülsen ein Weiterschreiten von Contact zu Contact). Man muss bei diesen Apparaten ganz besonders daran denken, dass man bald nach dem Gebrauch den trogförmigen, die Flüssigkeit enthaltenden Einsatz durch Heruntersenken von den Metallstäben trennt. Denn, wie schon oben gesagt wurde, ist in diesen Tauch-Elementen die Polarisation eine erhebliche und darum die Abnutzung eine sehr rasche. Man muss deshalb auch spätestens nach mehrtägigem Gebrauch die Flüssigkeit und auch von Zeit zu Zeit die Zinkstäbe erneuern. — Beim Aufstellen dieser Apparate, vor der Benutzung, muss man auch noch darauf achten, dass die Galvanometernadel freischwingend bei Ruhestellung des Apparats genau auf den Nullpunkt zeigt. Sie zeigt bekanntlich, wenn sie frei schwingt, annähernd nach Norden. Durch Drehen des Apparats oder des Galvanometers muss das vor Beginn einer elektrischen Behandlung jedesmal regulirt werden.

Die Modifikationen dieser Art von Apparaten sind sehr zahlreich. An Stelle der Tauchbatterien mit Chromsäure-Elementen fertigt man andere, z. B. aus Leclanché-Elementen, an. Sie eignen sich aber wegen der Schwere, die der Apparat durch diese relativ grossen Elemente erhält, etwas weniger für die Zwecke des Transports. Trocken-Elemente, die für transportable Induktionsapparate sehr wohl brauchbar sind, sind für galvanische Apparate nicht zu empfehlen, obwohl sie von einigen Firmen auch dafür verwendet werden: da bei Abnutzung eines Trockenelements (die freilich nach längerer Zeit erst

einzutreten pflegt) das ganze Element durch ein neues ersetzt werden muss, resp. die Reparaturen sehr umständlich sind, so wird der Unterhaltungs-Preis der Batterie ein relativ hoher. —

Zur Not kann man für praktische Zwecke ohne einen Rheostaten bei transportablen Apparaten auskommen. Man muss dann allerdings gewisse Unannehmlichkeiten (z. B. bei der Kopf-Galvanisation) und gewisse Ungenauigkeiten (z. B. bei der Feststellung der Minimal-Zuckung) mit in den Kauf nehmen. Bei der Kleinheit, Billigkeit und Zweckmässigkeit der Graphit- und Flüssigkeits-Rheostaten wird man darum lieber nicht auf die Vorteile dieses Nebenapparates verzichten. Einen Apparat ohne absolutes Galvanometer wird sich heute, wo diese Instrumente zu allen Preislagen hergestellt werden, niemand, der ernstlich Electrotherapie oder -diagnostik treiben will, anschaffen. Man tappt vollständig im Dunkeln, wenn man nicht die jedesmal vorhandene Stromstärke kennt: das wird für den Leser dieses Leitfadens aus dem in den früheren Capiteln Ausgeführten zur Genüge erhellen. Ein Galvanisieren ohne Galvanometer ist als Pfuscherei zu bezeichnen.

Der Preis eines mit Rheostaten (Flüssigkeits-Rheostaten) und einem kleinen absoluten Galvanometer versehenen, transportablen galvanischen Apparates schwankt etwa zwischen 100—250 Mk. Ein Rheostat allein kostet etwa 25 Mk.; ein kleines Galvanometer allein ungefähr ebensoviel.

Es ist wohl nach dem Gesagten unnötig, zu bemerken, dass die massenhaft in den Handel gebrachten Miniatur-Apparate zur Selbstgalvanisation, die z. B. in Damenhüten angebracht, eine unauffällige, fortwährende Kopf- „Autogalvanisation“ ermöglichen sollen, und dergl. wegen der Mangelhaftigkeit der Nebenapparate, der Inconstanz der Elemente, und vor allem wegen der Unkontrollirbarkeit aller massgebenden Faktoren gänzlich unbrauchbar, wenn nicht schädlich sind. Sie wirken im besten Falle suggestiv.

Von den grösseren Firmen werden auch transportable Apparate angefertigt, die in einem einzigen Kasten den faradischen und galvanischen Apparat vereinigen. Die Fig. 37. zeigt einen solchen Apparat. Er ist nicht unpraktisch; aber die Transportfähigkeit ist durch die unvermeidliche Erschwerung des Gewichts geringer, und die Regulierbarkeit des Induktionsapparats wegen seiner notwendigen Kleinheit eine etwas mangelhafte.

Besser ist es für denjenigen, der beide Ströme besitzen will, ohne einen grossen, stationären Apparat anzuschaffen, zwei transportable Apparate, einen constanten und einen faradischen, zu wählen. Für einen in der Grossstadt prakticirenden Arzt ist die Anschaffung transportabler Apparate darum nicht so wichtig, weil die grösseren

Geschäfte für Wochen oder Monate leihweise Apparate in die Wohnungen der Patienten schicken. Für den Arzt in der kleinen Stadt oder auf dem Lande hingegen ist der Besitz transportabler Apparate

Fig. 37.



notwendig, notwendiger als der eines stationären Apparates. Mit zwei guten transportablen Apparaten kann er sowohl in seinem Hause als ausserhalb desselben vollkommen gut auskommen.

Wenn er dabei die Bequemlichkeit des Stromwechslers (s. S. 15), der an den grossen stationären Apparaten gestattet, von einem Polklemmenpaar bald den faradischen, bald den galvanischen, bald beide Ströme abzuleiten, auch für seine transportablen Apparate verwerthen will, so kann er das in höchst einfacher Weise erreichen: auf dem Tisch, auf dem seine Apparate stehen, lässt er zwischen den Apparaten einen kleinen Holzklotz mit der Wechselvorrichtung befestigen, und ein paar über den Tisch geleitete Drahtverbindungen, die jeder Mechaniker herstellt, ermöglichen dann die Wechselung, wie bei stationären Apparaten. Vor dem Transport werden diese Contact-Vorrichtungen abgeschraubt.

Man kann sich auf diese Weise zu einem Preise von etwa 180—200 Mk. fast die sämmtlichen Vortheile verschaffen, die ein stationärer Apparat bietet. Der Preis eines Apparates, der faradischen und galvanischen Strom in einem gemeinsamen Kasten vereinigt, beträgt ungefähr 150 Mk.

Elektroden. Was die Anschaffung von Elektroden betrifft, so wird man gut thun, überzogene biegsame Platten verschiedener Grösse (200 qcm, 100 qcm, 50 qcm, 30, 20, 10, 5, 3 qcm) bereit zu halten, ausserdem einige Elektrodengriffe, darunter eine mit Unterbrecher-Vorrichtung, (s. S. 22) die für Untersuchungszwecke fast unentbehrlich ist. Eine bürsten- resp. pinselförmige Elektrode (s. S. 102) und eine Rolle zum Massiren (s. S. 105) sind ebenfalls empfehlenswert. Bequem ist es auch, wenn man eine Nacken-Elektrode (s. S. 49) hat. Für die locale Behandlung mit anschwellenden faradischen Strömen (s. S. 105) wählt man eine unüberzogene knopfförmige Metall-Elektrode; die Erb'sche Sensibilitäts-Untersuchungs-Elektrode ist S. 84 abgebildet. Die früher üblichen, mit Flanell oder Leder überzogenen Elektroden-Platten sind nicht empfehlenswert, weil sie die Feuchtigkeit nicht genügend aufnehmen und festhalten. Die besten Überzüge sind die aus Leinwand mit untergelegtem Mooskissen. Man achte nur darauf, dass man diese Elektroden, besonders wenn sie neu sind, längere Zeit ins Wasser hält, damit sie sich erst vollsaugen. Es genügt nicht, sie einmal hinein zu tauchen: sie müssen durchtränkt sein, wenn sie dem Strom nicht zu grosse Widerstände entgegensetzen sollen.

Dass auch jemand, der, wie viele Praktiker, nur im Besitze eines transportablen Induktionsapparates ist, mit diesem therapeutische Erfolge haben und wichtige diagnostische Fingerzeige erhalten kann, geht aus dem in den früheren Capiteln Dargestellten hervor. Für die meisten Krankheitsgruppen und Einzelerkrankungen sind Methoden angegeben, die den faradischen Strom erfordern, resp. im Nothfalle für die galvanischen Verfahren eintreten können. — Und was die Diagnostik und Prognostik betrifft, so wird z. B. Erloschensein der faradischen Muskel- und Nerven-Erregbarkeit schwere Veränderungen vermuthen lassen, während beispielsweise bei einseitigen Affektionen ein normales, der gesunden Seite völlig gleiches Verhalten der Erregbarkeit (vorausgesetzt, dass die nötige Latenzzeit nach dem Beginn des Leidens verstrichen ist) mit grösster Wahrscheinlichkeit eine leichte, prognostisch günstige Erkrankung ankündigt. Soviel ist sicher, dass selbst mit einem geringen Instrumentarium von jemandem, der die Methoden kennt, weit mehr erreicht werden kann, als von vielen Besitzern grosser Instrumentarien de facto erreicht wird.

# Anhang.

## Über Franklinisation.

Die statische Elektricität.

Unter Franklinisation versteht man die (diagnostische und) therapeutische Anwendung der (Franklin'schen) ruhenden, statischen oder Spannungs-Elektricität. Das ist diejenige Erscheinungs-Form der Elektricität, welche durch Reibung gewisser Körper entsteht, und welche die Neigung hat, sich an der Oberfläche der sogen. Elektricitätsleiter (z. B. der Metalle), auszubreiten, um dort gleichsam „ruhend" — in „Spannung" zu verharren. Sie breitet sich namentlich nach den Enden dieser Körper aus, und dort ist daher die Spannung grösser als in der Mitte; an Spitzen ist sie am grössten. Hat sie eine gewisse Höhe überschritten, so verlässt die gespannte Elektricität den Körper mit einem Funken, welcher nichtleitende Körper, z. B. die Luft, durchdringt, und wieder nach einer Spitze bezw. einem Leiter hinstrebt (Entladung).

Man unterscheidet zwei Arten (Qualitäten) dieser Elektricität: positive (Glas-)Elektricität und negative (Harz-)Elektricität. Nicht-elektrische Körper sind solche, in denen thatsächlich beide Formen der Elektricität in inniger Verbindung — gewissermassen zu gleichen Teilen gemischt — vorhanden („gebunden") sind.

Durch Berührung mit elektrischen Körpern können die sogen. nichtelektrischen Körper elektrisch werden (elektrische Mittheilung): sie nehmen dann diejenige Elektricitäts-Art (positive oder negative) an, die der berührende Körper hat, und leiten sie über ihre Oberfläche fort. —

Aber elektrische Körper üben auch eine Fernwirkung (Induction) auf nichtelektrische aus: in letzteren entsteht nämlich durch blosse Annäherung elektrischer Körper (ohne Berührung) eine Spaltung der in ihnen vorhandenen Elektricitäts-Arten (elektrische Influenz) in der Weise, dass sich die eine Elektricitäts-Art an dem einen Ende des nichtelektrischen Körpers, die andere am andern Körperende ansammelt. (Polarisation des Körpers): ist z. B. jener erste elektrische Körper positiv elektrisch, so sammelt sich an dem ihm zugewandten Ende des genäherten unelektrischen Körpers negative Elektricität an, am abgewandten Ende positive (und vice versa.) Die letztere kann man durch Berührung mit einem Elektricitätsleiter (Berührung mit dem menschlichen Körper, z. B. Finger; oder durch Verbindung zur Erde) ableiten. Wenn man das thut, verbreitet sich die übrigbleibende (z. B. negative) Elektricität über den ganzen zweiten Körper*). Dieser zweite Körper aber „bindet" jetzt wieder

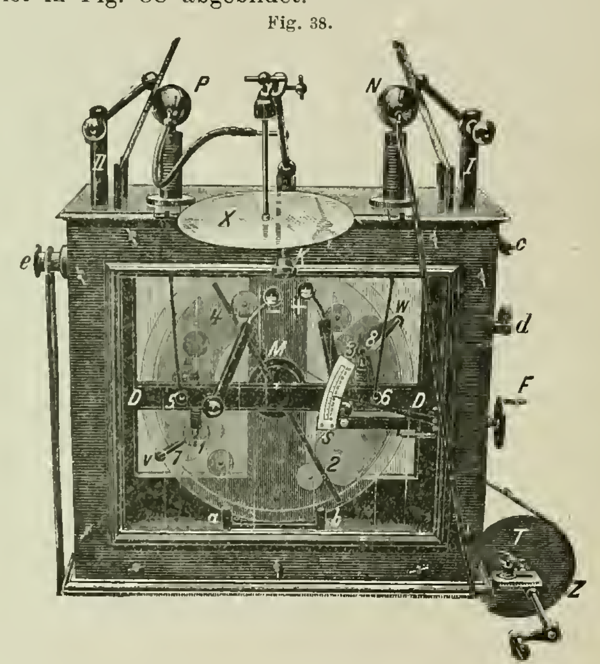
*) Will man in einem elektrischen Körper die vorhandene Elektricität erhalten, also z. B. ihn davor hüten, dass er Elektricität an die — leitende —

— rückwirkend — einen Teil der Elektricität des ersten, und nun kann dieser erste wieder neue Elektricität aufnehmen u. s. f. Das ist das Prinzip der Condensatoren: sie dienen zur Vervielfältigung (Potenzirung) vorhandener geringer Elektricitätsmengen. Ein ähnlicher Apparat ist z. B. die Franklin'sche Tafel — eine isolirte Glasplatte, an deren beiden Seiten sich je ein Metall-(Stanniol-)Belag befindet.

Die Influenz-Maschine.

Auf diesem Prinzip der Potenzirung basiren die zu ärztlichen Zwecken neuerdings wieder angewandten Influenz-Maschinen. Eine solche, nämlich die am meisten eingeführte, von Eulenburg nach dem Holtz'schen Apparat modificirte und von Hirschmann konstruirte Maschine ist in Fig. 38 abgebildet.

Fig. 38.




Die in einem Glaskasten (zum Schutze gegen Luftfeuchtigkeit oder Staub) eingeschlossene Influenzmaschine enthält zwei auf der Kante parallel stehende Glasscheiben, von denen die eine feststeht, die andere durch Umdrehung des Rades bei z rotirbar**) ist. An einer quer durch den Kasten ziehenden, festsitzenden Hartgummileiste (Querstab DD) sind die meisten übrigen, für die Benutzung der Maschine wichtigen Teile befestigt. Bei 1 und 3 befinden sich, diagonal gegenüberstehend, zwei kleine Drahtpinsel, [zwei ebensolche stehen an einem darauf senkrechten Kreisdurchmesser bei 2 und 4, an einem nicht bezeichneten, isolirten Metallstab, (Entlader)]. Auf der rotirenden

Erde abgiebt, so „isolirt" man ihn: man trennt ihn von der Umgebung durch einen Nichtleiter z. B. Glas, Harz, Hartgummi. Auch Luft ist ein Isolator.

**) Die Rotation geschieht mit der Hand oder einem angesetzten Motor.

Scheibe sitzen, kreisförmig angeordnet, in gleichen Abständen 6 vorstehende Metallknöpfchen auf kleinen Stanniolplättchen. Wird die rotirende Scheibe jetzt in Bewegung gesetzt, so streifen die Pinsel die Metallknöpfchen und erzeugen durch diese Reibung geringe Mengen von Elektricität. Nun sind die Pinsel 1 und 3 durch je einen Metallbügel (7 und 8 in der Fig.) mit der hinteren, feststehenden Glasscheibe leitend verbunden. Sobald also jetzt z. B bei 1, durch die Pinsel-Reibung eine Spur Elektricität entsteht, wird sie von dem Metallbügel 7 aufgenommen und zu dem an der feststehenden Scheibe befindlichen Metallplättchen v geführt. Von dort verbreitet sie sich (mittels einer Stanniolplatte) über einen an der hinteren Scheibe links befindlichen Papierbelag, der daselbst, den stumpfen Teil eines Kreisquadranten einnehmend, befestigt ist. Durch weiteres Rotiren der Scheibe kommt der Pinsel 1 allmählich mit allen Metallknöpfen in reibende Berührung, nimmt durch diese Reibung immer mehr Elektricität auf und giebt sie auf dem geschilderten Wege an die Papierbelegung der hinteren Scheibe ab, wo sie gleichsam angesammelt wird: Die Papierbelegung wird mit einer bestimmten Elektricitäts-Art, z. B. positiver Elektricität, geladen. Ein ganz ähnlicher Vorgang spielt sich an der schräg gegenüberliegenden Seite der Glasplatte am Pinsel 3 ab, wobei wiederum mittels eines Bügels (8 in der Fig.) ein Papierbelag der hinteren Scheibe geladen wird; dort aber mit der entgegengesetzten, also z. B. der negativen, Elektricität. -

Nun befinden sich (in der Figur hinter 5 und 6 unsichtbar) an der Querleiste Saugkämme, rechts und links je einer, welche die von der hintenstehenden Scheibe aufgenommenen Elektricitäts-Qualitäten, der eine die positive, der andere die negative, aufsangen und ableiten; je mehr die Kämme ableiten, um so höher gespannte, entgegengesetzte Elektricitätsarten sammeln sich durch Influenz in den beiden mit den Kämmen in Verbindung stehenden, an Hebeln befindlichen Metallkugeln, die oben, etwa in der Mittellinie der Figur im Kasten, sichtbar und mit + und — bezeichnet sind, an. Diese Metall-Kugeln (Conductor-Kugeln) können nun einander genähert und von einander entfernt werden (das geschieht mittels der Kurbel F, rechts an der Kastenseite.) Wenn sie sich berühren, so gleichen sich auf dem Wege durch sie die beiden Elektricitätsarten mit einander aus; werden sie ein wenig von einander entfernt, so geschieht das Ausgleichen mittels eines zwischen ihnen überspringenden Funkens. Sind sie aber genügend weit von einander entfernt, so können sie sich nicht entladen, und nun werden die beiden rechts und links an den Kämmen angesammelten verschiedenen Elektricitäts-Arten durch die bei 5 und 6 angebrachte Metallverbindung durch den Kasten-Deckel bis zu den Kugeln P und N geleitet, die + Elektricität zur einen, die — Elektricität zur andern.

Mittels der bei P und N eingeführten Leitungskabel und angefügter Elektroden kann jede der beiden Elektricitäten zum menschlichen Körper geleitet werden. Zu diesem Zwecke muss man also die Conductor-Kugeln + und — so weit (ca. 5—8 cm) mittels der Schraube F von einander entfernen, dass kein Funke zwischen ihnen überspringen kann. Während dann der eine Pol zum Körper geführt wird, wird der andere mit der Erde verbunden oder zu einer unter den Füssen der Versuchsperson liegenden isolirenden Hartgummischeibe geleitet: dadurch gelingt es, dem Körper eine bestimmte Elektricitäts-Art — positive oder negative — zuzuführen. —

Da die Maschinen nach längerem Arbeiten sich nicht stets in derselben Richtung laden, so ist es nötig, jedesmal vor der Benutzung zu bestimmen, welcher Pol der +. welcher der — Pol ist. Das erkennt man am besten, wenn man die Conductorkugeln $1^1/_2$—2 cm von einander entfernt und den Funken überspringen lässt: dieser zeigt am + Pol eine hellglänzende leuchtende Strecke, am — Pol nur einen kleinen leuchtenden Punkt*).

Aber es existirt noch eine zweite Möglichkeit, die von der Maschine gelieferte Elektricität abzuleiten, die benutzt wird, wenn es sich um die Erzielung stark gespannter Ströme handelt: Oben über dem Kastendeckel stehen zwei Franklin'sche Tafeln (s. oben S. 130), die durch Auflegen zweier beweglicher stangenförmiger Conductoren bei I und II in den Stromkreis eingeschaltet werden können. Werden jetzt die Leitungskabel, statt bei P und N, an den Contacten I und II angesetzt und mit dem menschlichen Körper verbunden, so geht der Strom durch beide Metall-Belegungen der Franklin'schen Tafeln: nun haben aber nach den Gesetzen der Influenz die beiden Beläge je einer Tafel zwei verschiedene Qualitäten von Elektricität; und so werden bei dieser Anordnung sich die Elektricitäten der inneren Beläge für sich und die der äusseren für sich ausgleichen können. Das Ausgleichen der inneren Beläge geschieht innerhalb des Kastens auf dem Wege durch die mit + und — bezeichneten Conduktorkugeln, das der äusseren Beläge durch den menschlichen Körper: je weiter die inneren Kugeln auseinanderstehen, und eine je kräftigere Funken-Entladung zwischen ihnen stattfindet, eine um so kräftigere Entladung wird auch im Körper (der die äusseren Tafelbeläge verbindet) erfolgen. Bei Einschaltung der Tafeln ist das Verhältnis also umgekehrt wie bei der direkten Benutzung der Apparat-Elektricität: mit der Grösse der Entfernung der Conductorkugeln wächst die Stärke der Ent-

*) Der in der Fig. nicht bezeichnete isolirte quere Metallstab (Entlader), der ebenfalls an beiden Enden zwei Pinsel und zwei Saugkämme trägt, dient dazu, während der Dauer einer Sitzung das „Umspringen der Pole" zu verhindern. Näheres darüber zu sagen, kann hier unterbleiben.

ladung im Körper. An der Scala S kann man den Kugel-Abstand und die „Schlagweite“ des Funkens ablesen. Damit hat man einen Massstab für die Stärke der Körper-Entladung.

Zu therapeutischen Zwecken kann man die Franklin'sche Elektricität entweder in der Weise verwenden, dass man von den Contacten P und N direkt den Maschinenstrom ableitet, oder in der Weise, dass man — wie oben gesagt — nach Einschaltung der Franklinschen Tafeln die Ableitung von den Contacten I und II vornimmt. Die therapeutische Benutzung.

Die hauptsächlich benutzten Elektroden haben 3 Formen: die der Kopfplatte, (s. Fig. 38, bei x); die einer Spitze oder eines mit Spitzen besetzten Kranzes — Kranzelektrode —, und die eines Metallknopfes — Knopfelektrode.

Man hat folgende Applications-Methoden empfohlen:

1) Spitzen-Ausstrahlung (Ableitung bei P und N): der positive Pol wird zu dem mit dem Spitzen- oder Kranzansatz armirten Elektrodengriff geleitet, während der negative Pol zum Erdboden oder zu einer isolirenden Hartgummifussplatte geleitet wird. Die Elektrode soll dem Körper nicht mehr als bis höchstens 2 cm genähert werden. Es genügt auch Entfernung von 5—10 cm. Die Conductor-Kugeln müssen bei dieser Art Applikation so weit (ca. 5—8 cm) von einander entfernt sein, dass zwischen ihnen keine Entladung stattfinden kann. — Bei dieser Behandlungsmethode entstehen an den Spitzen Lichtbüschel und Ozon-Entwickelung. An der berührten Hautstelle empfindet man einen angenehmen Hauch. Hauptsächlich wird das Verfahren gegen Paraesthesien aller Art und gegen Neuralgien empfohlen (z. B. gegen Trigeminus-Neuralgie.) — Spitzen-Ausstrahlung.

2) Die Kopfdouche (auch statische Douche genannt): Auch hier ist die Ableitung von P und N vorzunehmen und bezüglich der Conductor-Kugeln das Ebengesagte zu beachten. Mittels eines kurzen Kabels wird der negative Pol zur Kopfplatte x geleitet, der positive zur Erde oder zur Isolirplatte. Durch die Schraube K (Fig. 38.) ist die Platte so verschiebbar, dass sie dem Kopfe mehr oder weniger genähert werden oder auch gewissen Theilen des Kopfes speziell adaptirt werden kann. Die Näherung darf nicht grösser sein als höchstens 5 cm. Je näher die Platte steht, um so intensiver ist die Wirkung: durch Isolation des Körpers mit der Fussplatte kann sie verstärkt werden. Die Dauer der Einwirkung beträgt etwa 5—15 Minuten. Auch hier tritt das Gefühl eines angenehmen Hauches ein, sowie Emporsträuben der Haare. — Kopfdouche.

Die Methode ist mit Erfolg gegen functionellen Kopfschmerz und Migräne (namentlich die spastische Form) angewendet werden. —

3) Das statische Luftbad: Bei gleicher Ableitung und gleichem Conductorkugelstand wie bei 1) und 2) wird der Körper Statisches Luftbad.

auf die isolirende Fussplatte gestellt oder auf einen Isolirstuhl gesetzt, und die Platte resp. der Stuhl mit dem positiven Pol verbunden, während der negative zur Erde abgeleitet wird. So bleibt der Patient, während die Maschine in Thätigkeit tritt. ca. 10 Minuten lang. Man achte aber darauf, dass er nicht einen leitenden Körper berührt, damit er nicht einen unerwarteten elektrischen Schlag erhält. Es besteht entweder gar keine Empfindung oder eine unbestimmte, der oben genannten ähnliche.

Bei dieser Application, sowie bei allen übrigen, kann der Patient bekleidet bleiben.

Die Methode wird bei functionellen Neurosen zur Beruhigung, zur Erzielung von Schlaf etc. verwendet. —

Funkenstrom. 4) Der Funkenstrom wird in doppelter Weise applicirt:

a) bei gleicher Anordnung wie in den oben besprochenen Fällen, also bei Ableitung von P und N (mit von einander entfernten Conductor-Kugeln): einer der beiden Pole wird dann zur Fussplatte geführt, während der andere, meistens der positive, mit der Knopfelektrode bewaffnet, dem Körper genähert wird: schon bei grossem Abstand der Elektroden vom Körper (10—30 cm) springen mit Knall durch die Kleider hindurch Funken über, die durch Bewegen der Elektrode auf einzelne Punkte (z. B. Muskelpunkte) isolirt werden können. — Das Verfahren, das stark hautreizend und -rötend wirkt, kann gegen Anaesthesien, Neuralgien, Muskel- und Gelenkerkrankungen, sowie gegen functionelle Beschwerden aller Art versucht werden. Auch gegen Lähmungen und Atrophien ist es empfohlen worden.

b) Die Anordnung ist eine andere: die Franklin'schen Tafeln werden, wie oben (S. 132) besprochen, eingeschaltet, die Ableitung erfolgt von I und II, die Conductor-Kugeln werden zusammengelegt, und so die äussere Belegung der einen Tafel, z. B. bei I, zu dem mit einer trockenen oder feuchten Knopf-Elektrode armirten Handgriff, die der anderen Tafel zur Erde geführt. — Die Elektrode wird auf die localisirt zu treffende Stelle des Körpers, z. B. auf einen Muskelpunkt, aufgesetzt. Jetzt werden langsam und allmählich durch Drehen bei F die Conductor-Kugeln entfernt: dabei treten zwischen ihnen Entladungen auf, denen gleichstarke Entladungen im Körper entsprechen. Schon bei Kugelabstand von 5—10 mm treten normaliter Zuckungen ein, die durch weitere Vergrösserung des Abstandes immer mehr verstärkt werden können. Abstände über 3—4 cm sind im allgemeinen nicht zu verwenden.

Diese Methode wird zur Behandlung von Lähmungen (oder Gelenkerkrankungen) gelegentlich angewendet. Die damit gemachten elektrodiagnostischen Versuche sind noch nicht zum Abschluss gelangt.

# Sach-Register.

**F.**



**G.**



**H.**



**I.**

Die

# Störungen des Verdauungsapparates

als

## Ursache und Folge anderer Erkrankungen.

Für praktische Ärzte

von

**Dr. Hans Herz**

in Breslau.

Lex. 8°. XVIII u. 543 S. Broch. Mk. 10,—, eleg. gebd. Mk. 11,—

Bei allen Discussionen über die Berechtigung und Bedeutung der Specialisirung in der Medicin wird als unbedingte Forderung die Pflicht eines jeden Specialisten hervorgehoben, den Zusammenhang mit den übrigen Gebieten der Medicin nicht zu verlieren. Bei dem Umfang aber, den jedes Specialfach heute für sich in Anspruch nimmt, bei dem Aufwand an Zeit, den die Beherrschung der Specialliteratur schon erfordert, ist es nicht leicht, auch nur den wichtigsten Erscheinungen der anderen Gebiete die nötige Aufmerksamkeit zu schenken. Das vorliegende Werk nun will diesem Bedürfniss des Specialisten entgegenkommen, indem es ihn mit den mannigfachsten Beziehungen vertraut macht, in welchen die Störungen des Verdauungsapparates zum übrigen Organismus stehen. —

Das Inhaltsverzeichnis ist von allen Buchhandlungen, sowie direct von der Verlagsbuchhandlung gratis und franco zu beziehen.

Die Verlagsbuchhandlung.

